

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Studium vhodnosti korozivzdorných ocelí a
sklokeramických smaltových povlaků pro kontakt
s pitnou vodou**

Study Fitness Corrosion – Resistance Steel and Vitreous
Enamel Coatings for Contact with Drinking Water

Student:

Jiří Verlík

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.



VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Verlík**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium vhodnosti korozivzdorných ocelí a sklokeramických
smaltových povlaků pro kontakt s pitnou vodou
Study Fitness Corrosion - Resistance Steel and Vitreous Enamel
Coatings for Contact with Drinking Water

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti korozivzdorných ocelí a sklovitých smaltových povlaků.
2. Prostudujte vhodnost korozivzdorných ocelí a sklokeramických povlaků pro kontakt s pitnou vodou.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu včetně technicko-ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

BOUŠE, V. a kol: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*. SNTL, Praha, 1986. 216 s.
MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
Vyhláška 38/2001 Sb., 186/2003 Sb., Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013
Datum odevzdání: 19.05.2014



Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



PODĚKOVÁNÍ

Těmito pár větami chci poděkovat lidem, kteří mi pomáhali a plně mě podporovali. Především chci poděkovat mé ženě Kateřině, která mě velice podporovala nejen psychicky, ale také hlavně při psaní a úpravách textu Bakalářské práce. Chci moc poděkovat doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. za trpělivost, morální, psychickou podporu a za rady získané léty praxe a odříkání. Dále ji chci poděkovat za její odbornou literaturu, ze které jsem také čerpal. Za důsledné vedení mé práce chci poděkovat slečně Ing. Daniele Pavelkové, za pomoc při mé experimentální práci, za podporování a poskytování cenných rad, materiálů a jiných studijních opor, které mi pomáhaly v experimentu.



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jitky Podjuklové, CSc. a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě, dne 19.5.2014

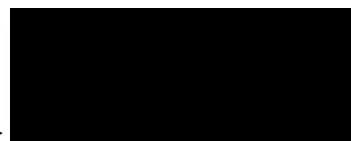
podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě, dne 19.5.2014



Jiří Verlík

Jiří Verlík

Malenovice 99

739 11 Frýdlant nad Ostravicí



ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VERLÍK, J. Studium vhodnosti korozivzdorných ocelí a sklokeramických smaltových povlaků pro kontakt s pitnou vodou: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 62 s., vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Bakalářská práce se zabývá studiem korozivzdorných ocelí a sklokeramických smaltových povlaků pro kontakt s pitnou vodou. V úvodu se tato práce věnuje historií smaltu, jednotlivým druhům a vlastnostem sklovitých smaltových povlaků. Dále se bakalářská práce zabývá technologickým postupem smaltování a vhodností smaltových povlaků při kontaktu s pitnou vodou. Další část práce popisuje korozivzdorné oceli, její rozdělení a popis vlastností. Rovněž jako u smaltových povlaků je zde popsána vhodnost korozivzdorné oceli pro kontakt s pitnou vodou.

V závěru této práce se věnuji porovnání výsledků experimentu a celkovému zhodnocení. Smaltové povlaky vykazovaly v experimentu velmi dobré výsledky. Horších výsledků dosahovala korozivzdorná ocel. Do budoucna by bylo vhodné v těchto experimentech pokračovat za účelem prokázání nevhodnosti korozivzdorných ocelí pro kontakt s biologickým prostředím.



ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VERLÍK, J. Study Fitness Corrosion – Resistance Steel and Vitreous Enamel Coatings for Contact with Drinking Water. Ostrava: Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 62 s., Advisor bachelor thesis: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

The Bachelor thesis deals with the study of corrosion-resistant steel and glass ceramics coatings for contact with drinking water. The introduction discusses the history of enamel, individual types and features of glass ceramics coatings. Next part of the thesis includes the technological procedure and the suitability of enamel coatings for contact with drinking water. There is also a suitability of corrosion-resistant steel for contact with drinking water described.

The conclusion is devoted to the comparison of experiment and to the total evaluation. Enamel coatings evinced very good results during the experiment. Corrosion-resistant steel evinced worse results during the experiment. It would be convenient to continue these experiments in the future. The purpose to continue will be to prove the inconvenience of corrosion-resistant steel for contact with biological environment.

**Seznam použitých značek a symbolů**

| Veličina | Popis | Jednotky |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|
| Al | hliník | |
| Al ₂ O ₃ | oxid hlinitý | |
| At | atomární hmotnost | |
| B ₂ O ₃ | oxid boritý | |
| C | uhlík | |
| Ca | vápník | |
| CaO | oxid vápenatý | |
| CaF ₂ | fluorid vápenatý | |
| CeO ₂ | oxid ceričitý | |
| Cl | chlór | |
| Cr | chrom | |
| Fe | železo | |
| K | draslík | |
| K ₂ O | oxid draselný | |
| LiO ₂ | oxid litia | |
| Mg | hořčík | |
| MgO | oxid hořečnatý | |
| Mn | mangan | |
| MnO ₂ | oxid manganičitý | |
| Mo | molybden | |
| N | dusík | |
| Na | sodík | |
| Na ₂ O | oxid sodný | |



| | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Nb | niob |
| Ni | nikl |
| O | kyslík |
| P | fosfor |
| P ₂ O ₅ | oxid fosforečný |
| PbO | oxid olovnatý |
| pH | stupnice kyselosti a zásaditosti |
| Si | křemík |
| SiO ₂ | oxid křemičitý |
| SnO ₂ | oxid cíničitý |
| V | vanad |
| Wt | objemová hmotnost |
| T | teplota [°C] |
| Ti | titan |
| TiO ₂ | oxid titaničitý |
| ZrO ₂ | oxid zirkoničitý |



| | |
|---|--------|
| ÚVOD | - 12 - |
| 1. Historie..... | - 13 - |
| 1.1. Historie smaltu..... | - 13 - |
| 2. Skelné a krystalické povlaky | - 14 - |
| 2.1. Definice smaltů | - 14 - |
| 2.2. Druhy sklovitých smaltových povlaků | - 15 - |
| 2.2.1. Základní smalty | - 15 - |
| 2.2.2. Krycí smalty | - 15 - |
| 2.2.3. Smalty jednovrstvé (přímé) | - 15 - |
| 3. Vlastnosti smaltů..... | - 16 - |
| 3.1. Fyzikální vlastnosti | - 16 - |
| 3.2. Korozní vlastnosti..... | - 16 - |
| 3.3. Tepelné vlastnosti | - 17 - |
| 3.4. Mechanické vlastnosti | - 17 - |
| 3.5. Chemické vlastnosti..... | - 18 - |
| 3.5.1. Smalty s vysokou chemickou odolností | - 18 - |
| 3.5.2. Smalty se střední chemickou odolností | - 18 - |
| 3.5.3. Smalty pro běžné spotřební zboží..... | - 18 - |
| 3.5.4. Smalty žáruvzdorné | - 18 - |
| 4. Technologický postup smaltování | - 19 - |
| 4.1. Předúprava povrchu | - 19 - |
| 4.1.1. Odmašťování | - 19 - |
| 4.1.2. Moření | - 20 - |
| 4.1.3. Mechanické úpravy..... | - 20 - |
| 4.2. Příprava smaltéřské suspenze | - 21 - |
| 4.3. Nanášení smaltu..... | - 23 - |
| 4.3.1. Za mokra..... | - 23 - |
| 4.3.2. Za sucha..... | - 24 - |
| 4.4. Sušení smaltu | - 24 - |
| 4.5. Vypalování smaltu | - 25 - |
| 5. Vhodnost smaltových povlaků pro kontakt s pitnou vodou | - 26 - |
| 6. Korozivzdorné oceli..... | - 27 - |
| 6.1. Rozdělení oceli | - 29 - |



| | |
|--|--------|
| 6.1.1. Druhy korozivzdorných ocelí | - 29 - |
| 6.1.2. Chemické složení korozivzdorných ocelí | - 31 - |
| 6.2. Vlastnosti ocelí | - 32 - |
| 6.3. Využití ocelí..... | - 33 - |
| 7. Provedení experimentálních prací | - 35 - |
| 7.1. Materiály zkušebních vzorků..... | - 35 - |
| 7.1.1. Smaltovaná nádoba stáří 45let..... | - 35 - |
| 7.1.2. Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců..... | - 36 - |
| 7.1.3. Nerezová nádoba značky Zepter..... | - 37 - |
| 7.1.4. Aplikace vzorku v biologickém prostředí | - 37 - |
| 8. Vyhodnocení experimentálních prací | - 38 - |
| 8.1. Mikroskopická analýza povrchu vzorku SEM | - 38 - |
| 8.1.1. Smaltovaná nádoba stáří 45let..... | - 38 - |
| 8.1.2. Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců..... | - 43 - |
| 8.1.3. Nerezová nádoba značky Zepter..... | - 49 - |
| 9. Závěr | - 56 - |
| 10. Seznam použité literatury | - 58 - |
| 11. Seznam příloh | - 59 - |

ÚVOD

Smaltové povlaky a smalty vůbec jsou staré jako lidstvo samo. Smalt je křemičitá tavenina na bázi skla. Spojením sklovitého povlaku s kovovým podkladovým materiálem nastává v teplotách 800 - 900°C, která vytváří na kovu celistvý ochranný povlak hladkého a lesklého charakteru. Tato úprava nám umožňuje zlepšení povrchových vlastností a proti korozi.

Především už ve starověkých zemích dálného východu Egyptě, Číně, Japonsku a Indii se používalo pro zdobení šperků. Není snad odvětví v novodobé historii, ve kterém se smalty nevyskytují, a to od potravinářství až po zdravotnictví. Využití smaltového povlaku ve styku s potravinami je obrovské. Proto smalt je jeden s prací mé bakalářské práce.

Dalším určeným materiálem je korozivzdorná ocel. Výzkum a vývoj korozivzdorných ocelí s chromem a niklem se ale rozeběhl až během prvních dvaceti let 20. století. V kladenské Poldině huti byla v roce 1910 vyrobena ocel pro hlavně loveckých pušek s 10%ním obsahem niklu. Harry Brearley z sheffieldských laboratoří, který hledal korozivzdorné slitiny pro sudy se stělným prachem, objevil v roce 1912 a následně zavedl výrobu martenzitické korozivzdorné oceli s obsahem uhlíku 0,24 %, chromu 12,8 %. Benno Strauss a Eduard Maurer patentovali pro firmu Krupp austenitickou korozivzdornou ocel 17. října 1912. O dva roky později Strauss a Maurer vyrobili ocel s 20 % chromu, 7 % niklu a 0,25 % uhlíku pro výrobu čpavku.

Takto vzniklá korozivzdorná ocel díky svým vlastnostem a odolností proti korozi, se rozšířila do všech odvětví. Ať už v chemickém, strojírenství a potravinářství je široká škála využití. V potravinářském průmyslu nás ale zajímá, jak reaguje s potravinami. Toto bude jedna z dalších prací, kterou se budeme zabývat.

V mé bakalářské práci popisují vlastnosti smaltů, jaké je jejich využití a v čem mají velký význam. Dále popíšu korozivzdornou ocel a přiblížím její vlastnosti a nevýhody. Dále se budu zabývat odolností smaltových povlaků a korozivzdorné oceli. Bude mne zajímat množství uvolněných látek na povrchu. Metodou SEM (skenovací elektronovou mikroskopií) zjistíme, jaké látky a jaké množství ulpělo na povrchu těchto vzorků. Máme danu podmínku 30 hodin, ve kterých budou vzorky ve styku s roztokem. Po uběhnutí této doby se provede analýza. Mým úkolem je popsat a přiblížit, jaké látky a jaké množství se

může vyloučit na povrchu. Protože lidské tělo je složitý organismus a reaguje na různé prvky různými způsoby. Například různými alergiemi a jinými nemocemi. Tady se dostáváme do situace, kdy je dobré popsat účinky smaltu a korozivzdorných ocelí na lidský organismus. Je třeba poskytnout lidem informace, která jim ukáže výhody a nevýhody vhodnosti používání smaltových povlaků a korozivzdorných ocelí.

1. Historie

1.1. Historie smaltu

Technologie smaltování byla již používána ve starověkých zemích dálného východu (Japonsko, Indie, Čína a v Egyptě). Výraznější zlom v použití smaltu nastal v období Byzance, kdy se jím zdobily reliéfy z kovů. V 5. až 7. století n. l. technologie smaltování byla přenesena i do Evropy.

V českých zemích je nejstarší použití smaltu zaznamenáno na českých korunovačních klenotech (svatováclavská koruna) a na kříži Přemysla Otakara II. V ozdobnictví byly nejdříve používány barevné smalty na zlatě, výjimečně na stříbře. Až později s výrobou smaltovaných odznaků se objevuje na tombaku, což je vlastně smaltovatelná mosaz Ms90 resp. Ms95 (číslo udává procentuální zastoupení mědi ve slitině, zbytek je zinek). A to buď smalt průhledný, připomínající barevné sklo nebo neprůhledný - jakási barevná intarzie. Speciální odnoží ozdobnického smaltérství je tzv. limožský smalt. Jde o ruční malbu, většinou miniatur, štětcem, za použití vypalovacích keramických barvítek na bílý již vypálený smalt, který se s barvítky opět vypaluje. Jednou z mála firem na světě, která tuto techniku ještě v současné době ovládá je firma Radka Aljančiče v Jizerských horách.

Smalt jako povrchová úprava kovů je použita v 19. století (kolem r. 1850). Smaltovaly se nejdříve železné nádoby na vodu, pak i pekáče, kýble a i celé litinové vany na koupání. Smaltované nádoby odolávaly rzi a bylo možné je keramickými barvami zdobit.

K nanášení smaltu se používalo sypaní suchého smaltu sítkem nebo později máčení v mokré smaltové kaši, což byl vlastně vířený smaltový pudr ve vodě. Smalt se poté před

vypálením musel pečlivě vysušit. Teplota pro vypalování smaltu na kov leží mezi 750 – 850°C a její působení je velmi krátké. Teplota vypalování keramických barvitek do smaltu je mezi 700 - 750 °C.

Smalt je křemičitá tavenina na bázi skla. Spojením sklovitého povlaku s kovovým podkladovým materiálem nastává v teplotách 800 – 900°C, která vytváří na kovu celistvý ochranný povlak hladkého a lesklého charakteru. Tato úprava nám umožňuje zlepšení povrchových vlastností a proti korozi. Dodnes se vyrábí cedule pro označení ulic a čísel domů.

Původně se smalt používal především jako zdobící prvek na špercích. Později se smaltování začalo používat jako povrchová úprava kovů, litin a plechů, které tímto byly chráněny proti korozi a povětrnostním vlivům. Jelikož máme 5 korozních stupňů, je vysoce odolná proti elektrochemické, chemické, atmosférické, kapalně, půdní a dalším. Nemalý význam má tato úprava v lékařství. Zubní lékařství při metalokeramice, kdy je zubní náhrada zhotovena z kovu. Povrch je pokrytý tavením vrstvou dentální keramikou. V energetickém strojírenství, v letectví a kosmonautice je obrovský potenciál využití tohoto povrchu.[4]

2. Skelné a krystalické povlaky

Sklovitý a keramický povlak je povrchová ochrana kovů proti důsledkům prostředí, ve kterém se daný materiál nachází. Jedná se o silikátová skla a keramické povlaky, které nám v konečné fázi vytvoří glazury a smaltové povlaky. Na keramické povlaky jsou takzvané glazury a na kovové materiály takzvané smalty. Tyto povlaky jsou nanášeny buď za mokra, nebo za sucha. Nanesením těchto povlaků a dodržení technologického postupu se povlak vypálí. Tak vznikne smalt. [2]

2.1. Definice smaltů

„Smalt je svou podstatou, jakož i způsobem výroby sklo poměrně komplikovaného chemického složení, které se nanáší na kovový podkladový materiál.“[1]

Smaltové povlaky patří mezi tepelné povrchové úpravy. Je jedním z nejstarších povrchových úprav, které se používají. [1]

2.2. Druhy sklovitých smaltových povlaků

Smalty rozdělujeme na několik druhů. Na základě chemického složení se ovlivňují vlastnosti smaltových povlaků. Základním materiálem sklovitého povlaku je frit. Tento anorganický materiál sklovitého charakteru vzniká tavením smaltéřských surovin. Na základě chemického složení se určuje, pro jaký materiál je daný smalt vhodný. [2]

Podle něj se smalty dělí na:

- Smalty na ocelový plech
- Smalty na šedou litinu
- Smalty na neželezné kovy

Tyto smalty se dělí na smalty základní, smalty krycí a smalty jednovrstvé.

2.2.1. Základní smalty

Smaltový povlak je určen jako mezivrstva ke krycímu smaltu. Po chemické stránce málo odolný, s nevhodnou celistvostí. Jako finální úprava nevhodný. Jejich použití je vhodné tehdy, kdy na funkční povrch jsou kladeny minimální korozní nároky. [1]

2.2.2. Krycí smalty

Je finální povrchová úprava, která svým chemickým složením splňuje požadované vlastnosti. Rozdělení smaltů na zakalené bílé nebo barevné nám určí použitá frit. Tyto frity nemají kalící ani barvicí přísady. Smalt polotransparentní: Tady je nutná částečná úprava materiálu při zpracování. Barvitost a vzhled smaltu se upravují přímo u přípravy frity přidávkou barvicích oxidů. [2]

2.2.3. Smalty jednovrstvé (přímé)

Tento smalt je speciálním základním a zároveň krycím povlakem. Skladba frity je taková, která při nánosu na ocelový plech zajistila bezchybnou přídržnost ke kovu. Dále musí splňovat funkční vlastnosti povrchu. [2]

3. Vlastnosti smaltů

3.1. Fyzikální vlastnosti

Podle jednotlivých složek, se určují tyto vlastnosti. Skutečnost je taková, že fyzikálními vlastnostmi smaltu nesouvisí se sklovitými smaltovými povlaků. Při tepelném procesu dochází k reakci mezi kovem a smaltem. Tím se mění chemická skladba smaltu a zároveň v tom důsledku vlastnost povrchu. Povrch musí být celistvý. To je hlavní kritérium povlaku. Dále elektroizolační a nejdůležitější protikorozní odolnost. [1]

3.2. Korozní vlastnosti

Smalty se vyznačují vysokou chemickou odolnost. Nejčastější důsledky chemických procesů je koroze sklovitých smaltových povlaků. Toto probíhá takzvaným rozpouštěním, nebo vyluhováním. Smalty odolné proti roztokům minerálních kyselin je velkou měrou způsobena schopnosti hydrolýzy a rozpustnosti součásti smaltu. Odolnost smaltu proti kyselinám zvyšují Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , LiO_2 , SiO_2 . Naopak oxidy Na_2O , PbO , CaO kyselinovzdornost velice snižuje. Smalty silně napadají alkalické roztoky, které štěpí síť SiO_4 . Na základě toho přichází sklo do roztoku. Proto se jako alkalivzdorné smalty používají nízkosilikátová skla, formulovaná na principu nerozpustných oxidech ZrO_2 , CaO , SnO_2 , Al_2O_3 , ZrO , B_2O_3 . [2]

„Odolnost sklovitých smaltových povlaků proti působení vody závisí na rychlosti reakce, při které dochází k výměně iontů alkalických kovů Me^+ a H^+ . Výrazně vyšší korozní odolnosti lze dosáhnout u smaltových povlaků, které obsahují ve sklovité fázi určitý podíl krystalické fáze.“[2]

3.3. Tepelné vlastnosti

Jedna s vlastností je tepelná vodivost sklovitých smaltů při teplotě 313 K je v rozmezí 0,093 – 0,114 W.m-1.K-1 a je ovlivněna pórovitostí povlaků.

Tepelná roztažnost je důležitou vlastností, Proto byl dán součinitele teplotní roztažnosti smaltu, byly vytvořeny faktory parciálních vlivů jednotlivých komponentů smaltu. Alkálie a fluoridy zvyšují součinitel teplotní roztažnosti naproti tomu oxid křemičitý, hořečnatý, boritý jej značně snižují. Abychom odbourali tahové napětí smaltového povlaku, musí být tepelná roztažnost smaltu nižší, než teplotní roztažnost kovu, na kterém je smalt aplikován. Průběh teplotní roztažnosti obou materiálů je důležitý pro začátek napětí v systému kov-smalt. V důsledku tepelné odolnosti smaltových povrchu, jsou dlouhodobě schopné odolávat teplotám v rozmezí 400 -500 °C. Zejména v letectví a kosmonautice se využívají speciální smalty odolávající teplotám 900-1100 °C. [2]

3.4. Mechanické vlastnosti

Sklovité a keramické materiály se výrazněji vyznačují k lomové houževnatosti. Pevnost v tahu u sklovitých smaltů je podstatně nižší, než pevnost v tlaku a dosahuje pouze 70-90MPa. Pevnost v tlaku je 700-1300 MPa. Tvrdosti smaltu nám určuje jeho velká odolnost proti abrazi. Tuto odolnost máme za určitých okolností: na chemickém složení smaltu, na tloušťce povlaku, na stupni výpalu, na druhu abrazivních látek a na způsobu jejich působení.[2]

Základní mechanické vlastnosti

- Pevnost vtahu a tlaku
- Tloušťka smaltu
- Pružnost
- Napětí vrstev kov-smalt
- Tvrdost smaltu
- Odolnost proti abrazi
- Odolnost proti nárazu
- Chemická odolnost

3.5. Chemické vlastnosti

Smaltové povlaky mají několik druhů odolností a dobře odolávají v řadě různých prostředí.

3.5.1. Smalty s vysokou chemickou odolností

Smalty tohoto druhu jsou určeny pro chemické zařízení kde je nízkoteplotní koroze. Odolávají organickým a anorganickým kyselinám až do 300-350°C, odolávají alkalickým roztokům z pH9-pH 12 s teplotou až 100°C. Mají vysoký obsah SiO₂ a Teplota výpalu je vyšší než 820°C. Tloušťka smaltu je v rozmezí od 400 μm do 1000 μm. [3]

3.5.2. Smalty se střední chemickou odolností

Odolává organickým kyselinám do 250°C a méně agresivním anorganickým kyselinám do 80°C. Tyto smalty jsou nenáročné na konstrukci. Síla smaltu je 100-500 μm. Teplota výpalu je 780-820°C. Použití v potravinářském zařízení a na výrobu nádobí. [3]

3.5.3. Smalty pro běžné spotřební zboží

Krátkodobá odolnost v agresivním prostředí s použitím do teploty 400°C. Využití je u bílé techniky a kachlíček. Tloušťka povlaku je 50-400 μm. Teplota výpalu je do 800°C. [3]

3.5.4. Smalty žáruvzdorné

Vysoká teplotní odolnost do 900°C. Smalt má velmi tenkou vrstvu s velkým množstvím žáruvzdorných oxidů a teplota výpalu je 900-1200°C. Použití je v elektroprůmyslu a energetice. [3]

4. Technologický postup smaltování

Smaltový povlak je dán technologickým postupem, který nám určuje postup při smaltování. Jde o tepelné zpracování sklovitého povlaku a tím docílení povrchové úpravy složitého procesu. Jelikož složitost fyzikálních vlastností sklo-kov, musíme technologickým postupem zvládnout průběh teplotních rozdílů těchto materiálů. Technologický postup smaltování se skládá z několika postupů, které je nutno dodržet. Jen tak vznikne kvalitní smaltový povlak soudržný na obou materiálech. [3]

Základní body technologického postupu :

- Předúprava povrchu
- Příprava smaltéřské suspenze
- Nanášení smaltu
- Sušení smaltů
- Vypalování smaltů

4.1. Předúprava povrchu

Podmínkou této povrchové úpravy je pevné a bezchybné spojení obou materiálů. Aby spojení obou fází bylo úspěšné, je podmíněno čistotou povrchu materiálu, na který je smalt nanášen. Materiál se musí zbavit olejů, tuků, rzi, okují a minerálních látek. Jedině tak docílíme bezchybného spojení a určíme reakci průběhu spojení kovu a smaltu. Dokonalou čistotu povrchu docílíme chemicky, mechanicky. Tepelně mechanická a tepelně chemická úprava se používá vzhledem k vyšším energetickým nárokům jen ojediněle. [3]

Nejčastěji používané druhy chemické úpravy:

- Odmašťování
- Moření
- Niklování
- Neutralizace s pasivací

4.1.1. Odmašťování

Odmašťování je nejdůležitější součástí předúpravou povrchu. Povrch tímto chemickým postupem zbavujeme mastnot, tuků, konzervačních emulzí a olejů. Tyto nečistoty zbyly po

zpracování výrobku. Především po vylisování, nebo stříhání. Po odmaštění se docílí zvýšení přilnavosti nanášených povlaků. Podle druhu znečištění, ať už jsou ulpělé nebo nejsou okem mastnoty vidět, nám určují postup odmašťování. Je to proces časově náročný a podle znečištění nám udává teplotu lázně a koncentraci látek v lázni. [2]

Procesy odmašťování dělíme podle daného odmašťovacího prostředku:

- Alkalické roztoky
- Organické roztoky
- Elektrolytické odmašťování
- Neutrální roztoky
- Emulzní odmašťování
- Opalování
- Tlakové odmašťování

4.1.2. Moření

Jednou z dalších chemických úprav je moření. Je to odstranění okují, rží, mastnot a jiných nečistot, které zůstaly po zpracování daného materiálu. Provádí se ponorem do mořících van s kyselinami, nebo louhy. Rozpuštění oxydu na soli probíhá za působení louhů nebo kyselin. Nejčastěji se používá kyselina sírová, kyselina solná a kyselina fosforečná. [2]

4.1.3. Mechanické úpravy

Další z předúprav povrchů je mechanické odstranění nečistot, jako jsou okuje a rzi. Metody otryskávání, broušení a omílání. Jsou to základní způsoby úpravy. Nejčastějším způsobem je tryskání. Vrháním tryskacího materiálu velikou rychlostí na povrch součásti. Podle velikosti, druhu materiálu součásti, se určuje velikost a druh zrna. Tryskání je buď pneumaticky, hydraulicky a mechanicky. Také touto úpravou dochází k zdrsnění povrchu a tím zlepšení spojení obou fází. [2]

Materiály pro tryskání:

- Litinová drť
- Křemičité písky
- Brusiva
- Sekaný drát
- Balotina-skleněné kuličky vyráběné granulací skla
- Speciální materiály- pecková drť a plastických hmot

4.2. Příprava smaltéřské suspenze

Přesnou definici podává Dietzel. Uvádí: „Smalt je utuhlá hmota anorganického oxidického složení, která se dá natavit v jedné nebo více vrstvách na kovový předmět.“ [1]

Aby vznikl smalt, musí proběhnout několik operací. Tavením oxidických složek kmene. Jsou to oxidy tvořící sklovitou fritu: SiO_2 , Al_2O_3 , CaF_2 , K_2O , Na_2O , B_2O_3 , MnO_2 , CaO . Tyto prvky získáme ze surovin sklářských písků, živců, uhličitánů. Po tavení se tato tavenina prudce ochladí litím do vody. Takto vzniknou granule nebo šupiny skla. Toto pak nazýváme sklovitá fritu. Frita je hlavní složkou ve výrobě smaltu. Další přísady břčky jsou různá barvítka, dále zlepšení mechanické i chemické vlastnosti. Přidávají se jako přísady při přípravě břčky mletím. Jedná se o přísady žáruvzdorné (mletý křemen), kalící, které ovlivňují optické vlastnosti smaltů. Oxid titaničitý, pro přísady barvící takzvané barvící oxidy. Dále se používají stavěcí přísady, které upravují reologické vlastnosti břčky. [1]

Jíly jsou dalšími složkami suspenze neboli břčky Na základě chemického složení, nám určuje funkční a technologické vlastnosti povlaku. [1]

Skla

Skla jsou amorfni, pevné, zpravidla anorganické látky, vzniklé ztuhnutím bez krystalizace. Většina skel obsahuje SiO_2 a další oxidy. Jedná se o látky s izotropními vlastnostmi, odlišující se od krystalických látek tím, že jejich struktura není tvořená pravidelnou a jejich fyzikální vlastnosti se mění plynule s teplotou. Většina křemičitých skel obsahuje kromě SiO_2 i další oxidy. Podle jejich úlohy při tvorbě skelné sítě je můžeme

rozdělit na silotvorné neboli síťotvořiče (SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 ...) a na modifikátory neboli pozměňovače (Na_2O , K_2O ...). Mezi oběma skupinami jsou oxidy přechodné (Al_2O_3 , MgO ...). Sklotvorné oxidy mohou tvořit samy skelnou síť, kdežto modifikátory síť tvořit nedovedou, pouze ji pozměňují. Jejich kationty nacházejí místo v dutinách skelné sítě, zatím co kyslíkové anionty, jež jsou nadbytečné, způsobují přerušení některých vazeb Si-O. Proto modifikátory snižují například teplotu tavení skla. Některá z nich, zejména Na_2O , rovněž značně zhoršují chemickou odolnost a další vlastnosti skla, takže je do skla nutné přidávat stabilizující prvky. V současné době se připouští, že reálná skla mohou obsahovat submikroskopické oblasti pravidelným uspořádáním atomů, tzv. krystality. Plynu přecházejí v nepravidelnou síť mezi jednotlivými krystality. Skla obsahují různé strukturní vady a diskontinuity. Vznikají separací mikrofází a heterogenní nukleací. Vady mohou vznikat nedostatečnou homogenizací a protavením. U běžné frity požadujeme většinou nízkou tavící teplotu 1000-1200°C. Proto se v struktuře frity využívají vlastnosti modifikátorů Na_2O , CaO . Na rozdíl od skla není smaltéřská fritka obvyklé dostatečně vyčeřená, zbavená plynů a v některých případech nemusí být zcela homogenní. Obsahují zárodky krystalů nebo přímo mikrokristaly sloučenin, které potom smaltu dodávají speciální vlastnosti (např. skelně krystalické povlaky). [1]

Jíly

„Jíl patří mezi plastické zeminy, které se používají pro tradiční výrobu keramiky. Jíl je jednou ze složek smaltéřské březky při technologii nanášení za mokra. Je to přísada suspenzační.“ Díky této složce je udržuje částice frity v suspenzním stavu a zabraňuje její sedimentaci. Zajišťuje přijatelnou pevnost vysušené suspenze (biskvitu). Surovinová naleziště ovlivňují kvalitu jílu a tím i kvalitu smaltu. [1]

Keramika

Pojmem keramika rozumíme pevné anorganické nekovové polykrystalické látky připravené slinováním práškových surovin za vysokých teplot. Keramika představuje širokou oblast materiálů, lišících se chemickým složením, strukturou i vlastnostmi. Tradiční výroba je z plastických zemin, jako je kaolín a jiné jíly. Vlastnosti těchto látek jsou do značné míry ovlivněny přírodními podmínkami konkrétního naleziště. U keramiky je důležitá tzv. mikrostruktura. Mezi hlavní znaky mikrostruktury patří typy přítomných

fází. O jaké druhy krystalů jde, jaké skla tvoří skelnou fázi, velikost zrn, spojení zrn mezi sebou, vztah zrn a skelné fáze. [1]

Voda

Důležitou složkou smaltéřské břečky je voda. Obsah vody při mletí frity je důležité pro vznikající fyzikálně chemickou reakci. Obsah po semletí podle typu smaltu je v rozmezí 30-45%. Voda tímto ovlivňuje výslednou kvalitu sklovitého smaltového povlaku. [1]

Další přísady břečky jsou různá barvítka, dále zlepšení mechanické i chemické vlastnosti. Přidávají se jako přísady při přípravě břečky mletím. Jedná se o přísady žáruvzdorné (mletý křemen), kalící, které ovlivňují optické vlastnosti smaltů. Oxid titaničitý, pro přísady barvící takzvané barvící oxidy. Dále se používají stavěcí přísady, které upravují reologické vlastnosti břečky. [1]

4.3. Nanášení smaltu

Nanesení smaltu na výrobek nám určují různé okolnosti. Množství výrobků, složitost smaltování (zejména různé ornamenty a podobně), velikost a náročnost smaltovaného výrobku. Toto nám určí nejvhodnější metodu, jakým způsobem operaci provést. Pro nanesení suspenze máme dvě metody. [2]

- Za mokra
- Za sucha

4.3.1. Za mokra

Máčení - Nanáší se ponořením do lázně. Používá se pro smaltování rozměrově menších produktů a především pro základní smalty. Rovnoměrné rozložení břečky na výrobku. Výhoda této metody, jsou malé ztráty smaltu. [2]

Polévání – Nejčastěji pro krycí smalty. Tento způsob se vyžaduje především u výrobků složité konstrukce. Vyžaduje velkou zkušenost nanášení. [2]

Stříkání - Nejrozšířenější metoda. Tato metoda je určená pro automatizované a zmechanizované provozy. Určená pro nanášení rozměrných a tvarově náročných výrobků. [2]

Elektroforetická - Jde vlastně o máčení. Tato metoda spočívá vtom, že elektricky nabitě částice smaltu jsou vedeny v lázni a pohybují se směrem k výrobku.[3]

Nanášení fluidací - Tato metoda má využití při smaltování malých litinových výrobků. Předem upravené výrobky se nanesou základním smaltem za mokra. Provede se výpal a předeřtý výrobek se ponoří do fluidního lože s práškovým smaltem. Tady je vhodný smalt s nízkou teplotou tání. Díky nízké teplotě dochází k okamžitému natavení a spojení povrchu v celistvý. V elektrickém poli vysokého napětí – Nanáší se z klasického stříkání. Částice smaltu jsou kladně nabity a jsou přitahovány k záporně nabitému výrobku. Metoda byla určená pro stříkání břeckou, ale v současnosti se zkouší nanášení suchých smaltových prášků. [3]

4.3.2. Za sucha

Je to zhotovení smaltové vrstvy, která je provedena suchou cestou. Rozděluje se na 2 metody. Za tepla a za studena. První je pudrováním posypem a druhá je pudrováním fluidací. Před nánosem se výrobky předeřtívají do 900°C. Dojde k natavení prášku a ke spojení. Po té se předeřtívání několikrát opakuje. Tyto metody suchým způsobem se hlavně používají pro smaltování výrobků z litiny. Metoda za studena je prováděná v elektrickém poli. Po nanesení je proveden výpal. [3]

4.4. Sušení smaltu

Sušení je velice důležitý bod v postupu smaltování. Jedná se o odstranění co největšího množství vody z vrstvy smaltu. Předjdeme nežádoucím prvkům ve formě prasklin a tvorbě rybích šupin, které by se tvořily při bouřlivém odpařování. Sušení by mělo nastat ihned po nanesení suspenze. Také veškerá manipulace s obrobkem je velice obtížná v důsledku poškození naneseného povrchu. Zabráníme tím vzniku vad typu zaprášení povrchu na mokřém podkladu a zahájení koroze podkladu. Rychlost vysušování je daná vrstvou nanesené suspenze. Ta by neměla být příliš masivní, aby vlivem tlaku uvolňovaných par se netvořily trhliny. Proto teplota by neměla být vysoká, aby

nedocházelo k praskání a tvorbě bublin ve vrstvách povlaku. Musí být zajištěno dobré odvětrání sušeného materiálu, aby byl zajištěn odvod par. [3]

Sušení se provádí dvěma způsoby:

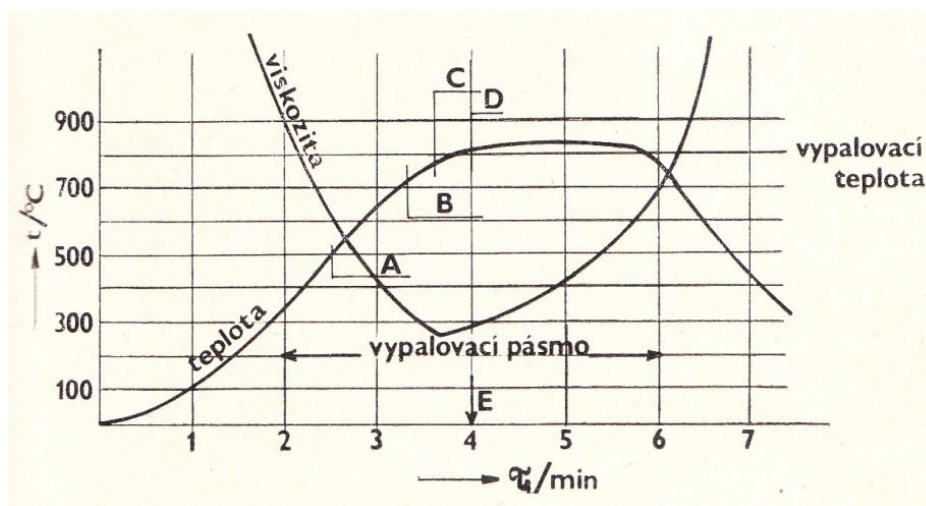
- Sušení na volném vzduchu: doba sušení je 6 až 8 hodin
- Sušení v sušárnách: teplota vzduchu je od 60 po 130 °C 15 - 20 minut. U sušáren radiačních s infračerveným zářením je dobou sušení 3 až 5 minut.[3]

4.5. Vypalování smaltu

Po vysušení suspenze proběhne výpal. Teplota výpalu je v rozmezí 740 - 900°C. Konečný produkt výpalu základního smaltu je bezchybné spojení obou materiálu. Při výpalu krycího smaltu je vytvoření funkčního povrchu požadovaných vlastností. Tento povrch musí být celistvý, nepropustný a esteticky vyhovující. Za uvedených teplot vzniká sklovitý povlak na kovovém materiálu. [2]

Průběh operací u výpalu smaltu

A - Tvorba oxidu železnatého, B - Tavení a fázová přeměna železa, C - začátek rozpouštění oxidů jílů a křemíku, D - vytvoření přídržné vrstvy, E - bod zvratu[3]



Obrázek 1: Vypalovací pásmo

Důležité je dodržení:

- Vypalovacích teplot
- Vypalovacích intervalů
- Doba výpalu

Vypalovací teplota- Je teplota, která nám dovede k ukončení procesů vedoucí ke vzniku povrchu požadovaných vlastností a sklovitého povlaku.

Interval- Pro dosažení sklovitého povrchu, je důležité dodržovat teplotu výpalu v co nejmenším rozptylu.

Doba výpalu. Ukončení všech reakcí smaltování. Jedná se o dobu výpalu, za kterou povrch získá požadované vlastnosti.

5. Vhodnost smaltových povlaků pro kontakt s pitnou vodou

Je třeba vyzvednout vlastnosti smaltů. Jedná se o povrchovou úpravu, která se nazývá sklovitý smaltový povlak. Pokud jde o povrchovou úpravu kovů, považuje se za optimální taková protikorozní ochrana, která vyžaduje minimální údržbu a opravy a jejich životnost je na úrovni fyzické životnosti výrobků a zařízení. Smaltování jako protikorozní ochrana kovů, zejména oceli, byla zejména rozšířena u výrobků spotřebního průmyslu. Je také významně rozšířeno v povrchových úpravách strojírenských a energetických zařízení, v architektuře, v chemickém, potravinářském a farmaceutickém průmyslu a v řadě dalších odvětví, kde se využívá zejména velké odolnosti smaltového povlaku v prostředí minerálních i organických kyselin, v prostředí horké vody a páry a to i za zvýšených teplot. Vysoká odolnost v agresivních atmosférách.

V dnešní době kdy je kladen obrovský důraz na zdraví a na zdravou výživu a věci spojené se zdravím má smaltový povlak obrovský potenciál v potravinářství a lékařství. Je nejvíce vystavena těmto vlivům. Především luhování je nejpodstatnější část určující, jaké množství je vyluhováno do zkušební vzorku. Ať už za varu nebo za studena. Soli a jiné kyseliny nebo další prvky obsažené v potravinách nám působí jako rozpouštěč. U korozivzdorné oceli se v takovém případě do potravy uvolní množství překračující několika násobně denní povolenou hodnotu šestimocného chromu. Tyto prvky nám ovlivňují chování lidského organismu v reakci na tyto uvolněné kovy a problémy s tím

spojené. Proto je tady široká škála možností využití a zdokonalení této metody, která nám zabrání těmto nežádoucím procesům. Také v lékařství záleží na určení správných vzorků. Takové pokrm, které je naloženo v roztoku rozličných ingrediencí pojme několika násobně větší obsah nežádoucích prvků než u smaltů. Tady pouze píšeme za studena, ale za tepla je obsah několika znásoben. Proto by se mělo v dalších výzkumech zaměřit na vlivy smaltu a korozivzdorné oceli, na jejich rozdílné vzorky. I když smalty taky vyloučí určité množství nežádoucích prvků, je oproti jiným kovům a korozivzdorné oceli zanedbatelné.

6. Korozivzdorné oceli

- Historie korozivzdorné oceli
- Popis korozivzdorné oceli
- Druhy korozivzdorných ocelí
- Chemické složení
- Závěr



Obrázek 2: Korozivzdorná ocel

Problematiku koroze znali pravděpodobně již ve starém Egyptě, v Řecku – od Platona, v Římě – od Plinia a Vitruvia, i v Dillí, kde je dodnes zachován železný pilíř z 5. nebo 6. století. První dochované zmínky o korozi kovaných železných částí vodních staveb se objevily až v 15. století. Koroze litinových vodovodů byla pozorována až o zhruba dvě století později. Pro ochranu litiny se používalo pokovování cínem (v Čechách už asi po roce 1000), mědí (v Anglii v 17. století). V 18. století se problematikou koroze zabývali Stahl, Lavoisier a další. Roku 1821 Hall popisuje podstatu koroze jako oxidaci železa při působení vody a kyslíku. Později byla popsána koroze jako elektrochemický děj. Korozní odolnost slitiny železa s chromem byla prokázána Berthierem v roce 1821 v lučavce

královské, Malletem v roce 1838 v korozním prostředí, Frémyem v roce 1857 v prostředí koncentrovaných kyselin a dalšími.

Výzkum a vývoj korozivzdorných ocelí s chromem a niklem se ale rozeběhl až během prvních dvaceti let 20. století. Nezanedbatelná je také práce Philipa Monnartza z roku 1911, která uvádí vlastnosti slitin železa s chromem a jejich využití. V této práci naznačil dvě nejnižší meze obsahu chromu a to 12,5 % pro odolnost proti kyselině dusičné na normální teploty a 14 % při jejím varu. V kladenské Poldině huti byla v roce 1910 vyrobena ocel pro hlavně loveckých pušek s 10%ním obsahem niklu.

Harry Brearley z sheffieldských laboratoří, který hledal korozivzdorné slitiny pro sudy se střelným prachem, objevil v roce 1912 a následně zavedl výrobu martenzitické korozivzdorné oceli s obsahem uhlíku 0,24 %, chromu 12,8 %. Benno Strauss a Eduard Maurer patentovali pro firmu Krupp austenitickou korozivzdornou ocel 17. října 1912. O dva roky později Strauss a Maurer vyrobili ocel s 20 % chromu, 7 % niklu a 0,25 % uhlíku pro výrobu čpavku.

První duplexní korozivzdorná ocel byla vyvinuta pro papírenský průmysl ve Švédsku okolo roku 1930. Teprve až ve 40. letech byly pochopeny metalurgické procesy a v padesátých letech standardizovány. Dalším významným skokem bylo kyslíko-argonové oduhličení ocelí na konci 60. let, které umožnilo výrobu nízkouhlíkových ocelí s regulovaným množstvím dusíku. Od 70. let dochází k výrobě vysoce kvalitních ocelí a *super-*korozivzdorných ocelí, např. superferitických s vynikající korozní odolností nebo superduplexních ocelí s výbornou korozivzdorností a zároveň dobrou svařitelností.

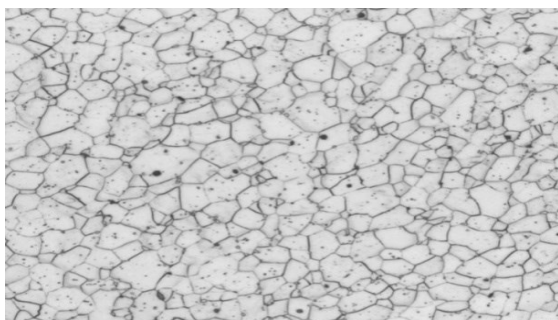
Korozivzdorné oceli byly používány mj. i ve vojenském průmyslu již během první světové války, např. v motorech letadel SopwithTriplane, SopwithCamel, a dalších. [8]



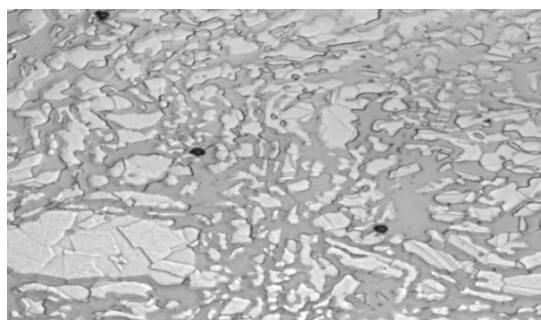
Obrázek 3: Výrobky z korozivzdorné oceli

6.1. Rozdělení oceli

Příklad typických struktur ocelí:



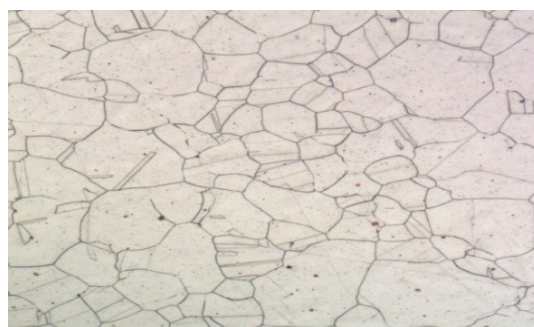
Obrázek 4: Feritická ocel



Obrázek 5: Duplexní ocel



Obrázek 6: Martenzitická ocel



Obrázek 7: Austenitická ocel

6.1.1. Druhy korozivzdorných ocelí

Jestliže je legující prvek jen chrom 4-6 %, jedná se o korozivzdorné oceli s nízkým obsahem chromu a používají se tam, kde je kladen mírný nárok na korozivzdornost. Tento materiál odolává oxidaci do teploty 550°C. Při obsahu 0,12 % uhlíku jsou kalitelné na vzduchu, špatně svařitelné. [6]

Chromová kalitelná nerezová ocel s 13 % Cr

Tuto ocel lze kalit. Obsah chromu je 12- 14 %. Podle požadované pevnosti je obsah uhlíku až 0,5 %. Aby materiál měl zachovanou svařitelnost, je třeba snížit obsah uhlíku na 0,14 %. Oceli jsou dobře kalitelné na vzduchu i v oleji. Protože chrom rozpuštěný v martenzitu zpomaluje pochody při popouštění, uchovávají si vysokou tvrdost tyto oceli

až do teploty 500 °C. Z těchto důvodů při požadavku vysoké houževnatosti je nutné popouštět až těsně pod překrystalizační teplotu. [6]

Chromové feritické oceli

Chromové oceli s obsahem 17 - 25 % chromu jsou při obsahu uhlíku do 0,2 % čistě feritické. U těchto ocelí během ohřevu nedochází k fázovým přeměnám. Pevnost a tvrdost je možné u těchto typů ocelí zvýšit pouze tvářením za studena. Ve srovnání s martenzitickými oceli vykazují vyšší odolnost proti korozi a vyznačují se dobrou odolností proti odolnosti oxidaci až do teploty 1100°C. Feritické chromové oceli mají nízkou houževnatost. Teplota přechodu ke křehkému lomu je u nich vysoká a pohybuje se v rozmezí od 0 - 200°C. Snížením uhlíku dusíku a kyslíku, a přetavením ve vakuových pecích lze dosáhnout zvýšení houževnatosti. Tyto oceli se tepelně zpracovávají žiháním za teplot 750 - 800 °C, například po svařování nebo tvářením za studena. [6]

Austenitické oceli

Přísadou niklu k chromovým ocelím se postupně rozšiřují oblasti gama v rovnovážném diagramu a oceli mají austenitickou strukturu i za normální teploty. Při přísadě 8 % niklu je již oblast gama tak rozšířená, že překrystalizace austenitu je zcela potlačena. Z toho vyplývá, že v rovnovážném stavu lze získat homogenní strukturu tvořenou pouze austenitem jen při velmi nízkém obsahu uhlíku. [6]

Chromniklová austenitická ocel typu 18/9

Je to nejúspěšnější ocel tohoto typu s obsahem 18 % chromu a 9 % niklu, která má výborné plastické vlastnosti, vrubovou houževnatost nad 2,5 MJ.m⁻², tažnost nad 60 %. Má nízkou mez kluzu a je vhodná k hlubokému tažení. Tyto nerezové oceli typu 18/9 jsou velmi stálé v lidickém prostředí, špatně však snášejí prostředí, které obsahují ionty chloru a které působí redukčně. [6]

Žárovzdorné chromniklové austenitické oceli

Mají chemické složení obdobné jako oceli s označením 18/9. Obsah chromu a niklu však může být větší. Používá se pro výrobu žárovzdorných zařízení až do teploty 1200°C. Ve srovnání se chromovými žárovzdornými oceli mají lepší plastické vlastnosti a taky

lépe odolávají teplotním změnám. Odolnost vůči prostředím obsahujícím sloučeniny síry je však horší než u ocelí chromových. [6]

Tabulka 1: Nejpoužívanější korozivzdorná ocel

| Typ korozivz. oceli | Ekvivalent | EN 10088-3 | C ≥ | Si ≥ | Mn ≥ | Cr | Mo | Ni | Ostatní |
|---------------------|------------|----------------------|------|------|------|-------------|-----------|-------------|----------------------|
| DIN 1.4 301 | AISI 304 | X 5 CrNi 18 10 | 0,07 | 1 | 2 | 17,0 – 19,0 | - | 8,5 – 10,5 | |
| DIN 1.4 016 | AISI 430 | X 6 Cr 17 | 0,1 | 1 | 1 | 16,0 – 18,0 | - | - | |
| DIN 1.4 404 | AISI 316L | X 2 CrNiMo 17 13 2 | 0,03 | 1 | 2 | 16,5 – 18,5 | 2,0 – 2,5 | 11,0 – 14,0 | |
| DIN 1.4 541* | AISI 321 | X 6 CrNiTi 18 10 | 0,08 | 1 | 2 | 17,0 – 19,0 | - | 9,0 – 12,0 | |
| DIN 1.4 571* | AISI 316Ti | X 6 CrNiMoTi 17 12 2 | 0,08 | 1 | 2 | 16,5 – 18,5 | 2,0 – 2,5 | 10,5 – 13,5 | Ti ≥ 5 % C do 0,8 |

*Srovnatelná korozivzdorná ocel 1.4571 má navíc Mo

6.1.2. Chemické složení korozivzdorných ocelí

Nerezové oceli se stávají nerezovými v případě přidáním legujících prvků. Podle přidaného množství daných legujících prvků se určuje vhodnost a odolnost dané oceli. Tyto nejčastější prvky jsou chrom, nikl, molybden, atd. Nejdůležitějším legujícím prvkem je chrom.

Chrom

Chrom se dobře váže s uhlíkem a shromažďuje se v karbidech. Velice vzrůstá prokalitelnost. V důsledku chromu se při popouštění zpomaluje snížení tvrdosti, ukazuje se rychlejší vysokoteplotní popouštěcí křehkost. Zvyšuje odolnost oceli proti korozi a opalu. Chrom je nezbytnou součástí v nástrojových ocelích. Využívá se jeho vlivům na prokalitelnosti, tvrdosti a otěruvzdornosti. [6]

Nikl

Nikl v oblasti gama zvyšuje tuhého roztoku. Nejčastější kombinací je nikl s chromem. Prokalitelnost se zvyšuje nepatrně. Výrazně se nepodílí při přeměny u popouštění zakalené oceli a slabě je náchylný k vysokoteplotní popouštěcí křehkosti. Zvyšuje houževnatost oceli, zvláště v kaleném nízko popouštěném stavu. Výrazně snižuje přechodovou teplotu křehkého lomu. Při větším množství niklu se odolnost proti korozi zvyšuje. [6]

Molybden

Velice urychluje zvýšení prokalitelnost oceli. Použití u ocelí legovaných chromem a chrom niklem. Je nezbytnou součástí tvoří vysoce stabilních karbidů, které jsou v žárovečných ocelích. Nejdůležitější předností molybdenu patří důležitý vliv na obrovskou teplotní popouštěcí křehkost. Molybden snižuje citlivost oceli při vysokých teplotách zpracování. Množství molybdenu v konstrukční oceli bývá nejčastěji do 0,3 %. [6]

6.2. Vlastnosti ocelí

Pod pojmem nerezová ocel máme ty oceli, které odolávají jakékoli korozi nebo nepodléhají jakékoli oxidaci. Nejčastější používaná standardizace u nás je DIN. Mezinárodní označení některých zemí je třeba Francie- ASTM, Španělsko- UNE, Rusko- GOST, Itálie- UNI a další. Odolnost korozivzdorných ocelí svou chemickou skladbou není korozivní, ale je založena na tzv. pasivaci povrchu železa. Tato pasivní vrstva se na povrchu neustále obnovuje a zabraňuje korozi. Díky prvkům a jeho vlastnostem nepodléhá oxidaci na vzduchu, ve vodě, v kyselinách, loužích a elektrochemické korozi. Naopak i tento kov podléhá jako kterýkoli kov korozi. V běžných podmínkách (atmosférické či vodní prostředí) se koroze vyskytuje málo. Ale v prostředí agresivním se s korozí setkat lze. Oceli, které odolávají chemické korozi při teplotách nad 600°C, se označují jako žáruvzdorné. Tyto oceli nepodléhají oxidaci především díky některým legujícím prvkům. Jsou to chrom, nikl, molybden. Podle obsahu ušlechtilých prvků v oceli jsou označeny oceli číselným značením. Nejčastěji používané jsou chromové kalitelné oceli a austenitické korozivzdorné oceli. Korozivzdorné oceli feritické jsou magnetické, pouze austenitické oceli nejsou magnetické. Mají dobré mechanické vlastnosti. Jsou otěru vzdorné a vhodné pro součásti s vysokou námahou. Korozivzdorné oceli nejsou kalitelné, pouze za určitých

podmínek. Využití korozivzdorných ocelí má velký rozsah použití. V chemickém, potravinářském, automobilovém průmyslu, ve stavebnictví má význam architektonický. [8]

Základní vlastnosti:

- Jsou odolné vůči korozi
- Mají dobré mechanické vlastnosti
- Austenitické oceli nejsou magnetické, zatímco feritické oceli jsou magnetické
- Při tepelné úpravě se nezakalí [8]

6.3. Využití oceli

Korozivzdorná ocel má širokou škálu uplatnění. Kde se podíváme, nebo se zamyslíme, tam všude tento kov najde uplatnění. Na celém světě máme tato odvětví: [5]

- Stavebnictví a architekturu
- Potravinářský průmysl
- Vybavení domácnosti
- Chemický průmysl
- Energetika
- Ochrana životního prostředí
- Automobilový průmysl

Stavebnictví a architektura

Je to materiál odolný povětrnostním podmínkám. Velice oblíben pro nenáročnost povrchové úpravy. Nerez po mechanických vlastnostech je lepší než uhlíková ocel. Je odolná za vysokých i nízkých teplot. Vtom se můžou použít profily menších průměrů a nosnost je stejná. Výrazně tím snížíme váhu konstrukce. Touto úsporou materiálu se snižují náklady, které v dnešní době nejsou zanedbatelné. Také estetika a vzhled hrají obrovskou roli. Spojení tohoto kovu se sklem, dřevem, nebo kamenem je z hlediska elegance nadčasové. Výroba různých zábradlí a přístřešků. [5]

Potravinářský průmysl a vybavení domácností

Společně se sklem je tento kov důležitou součástí v potravinářském průmyslu. Je určen pro skladování, zpracování a přepravě potravin. Vysoce kladené nároky na hygienické

normy, se osvědčil v trvanlivosti toxicity a odolnosti vůči potravinám. Pracuje se na tom, že rozpustnost těžkých kovů se omezí do takové míry, což pro lidský organismus nebude škodlivé. Tento kov je zastoupen v celém odvětví. Ať už vybavení kuchyní (velkých provozoven) až po domácí sady nádobí, lžic atd. [5]

Chemický průmysl

Veškeré vybavení chemických závodů a provozoven, je zhotoveno z austenitické korozivzdorné oceli. Různé nádrže trubky, reaktory, to vše je potřeba vyrobit z kvalitní oceli tohoto typu. V těchto provozech jsou často žádané vysokolegované oceli s obsahem Mo. Podle požadavků daného provozu je nutnost určení vhodného materiálu. To vyžaduje velkou zkušenost v oboru. [5]

Celulózový a papírenský průmysl

Další odvětví, které se neobejde bez těchto materiálů. I tady je velký výskyt různých organických prvků, které by se při styku s obyčejným kovem snížila životnost provozu. Také tady jsou zařízení, které vyžadují vhodný materiál s vyšším obsahem legujících prvků a zkušenostmi odborníků. [5]

Výroba energie

Spalováním fosilních paliv, je využití tohoto kovu nezbytné. Už jen spalování uhlí nám jako vedlejší produkt při nedokonalém spalování dává síru. A různé druhy vedlejších agresivních produktů. Na používání druhů korozivzdorných ocelí jsou kladeny vysoké nároky a požadavky. Jsou to vysoce legované materiály s testováním a vydávané s certifikátem. [5]

Ochrana životního prostředí

Je to velká oblast, kde korozivzdorná oceli bude mít velké uplatnění. Například renovací starých provozoven a jiných zařízení. [5]

Dopravní a automobilový průmysl

Nutnost transportu zboží, materiálů a tekutin se v průběhu posledních několika let přímo dramaticky zvýšila. Současně existuje potřeba minimalizace nákladů a zajištění maximální bezpečnosti (mnoho materiálů a tekutin jsou krajně nebezpečné). Odpovědí

na to jsou speciálně navržené kontejnery a zásobníky. Z důvodu víceúčelovosti je využívána ocel vždy vysoce legovaná, normálně 1.4404 (AISI 316 L) nebo i lepší. Dopravní průmysl je silným trhem pro korozivzdornou ocel zároveň na pevnině, tak i na moři.

V automobilovém průmyslu největší využití připadá na výfukové a katalyzátorové trubky, které jsou vyráběné z druhů buď feritických, nebo austenitických. Na každé auto tak připadá až 10 - 20 kg korozivzdorné oceli.[5]

7. Provedení experimentálních prací

Účelem této bakalářské práce je studium odolnosti smaltových povlaků a nerezových ocelí v korozivním prostředí. Tento experiment je prováděn za účelem prokázat množství uvolněných látek na povrchu metodou SEM (skenovací elektronovou mikroskopií) na vzorcích před vložením do roztoku a po jejím vyjmutí. Experiment je provedena ve smaltovaném a nerezovém nádobí. Smaltované nádobí je původem Norma Frýdlant nad Ostravicí. U jedné ze smaltovaných nádob je uvedené stáří zhruba 3 měsíce. U druhé smaltované nádoby je odhadované stáří 45 let. Nerezové nádobí je značky Zepter. Použitý roztok je stejného složení jak u předchozích smaltů. Obdobným způsobem jak u smaltů provedeme rozbor vzorků pomocí SEM analýzy před jejich vložením do roztoku a po vyjmutí.

7.1. Materiály zkušebních vzorků

7.1.1. Smaltovaná nádoba stáří 45let

Toto nádobí je stáří 45 let. V použité lázni je přesně určený obsah soli, která nám bude pomáhat ve výluhu. Budeme se zabývat rozdílem chemického složení u staršího a nového smaltu.



Obrázek 8: Smaltovaná nádoba stáří 45 let



Obrázek 9: Smaltovaná nádoba stáří 45 let

7.1.2. Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců

Tato smaltovaná nádoba je stáří zhruba 3 měsíců. Postup experimentu bude obdobný jak u smaltu staršího data. Budeme zkoumat chemický rozbor povrchu daného materiálu.



Obrázek 10: Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců



Obrázek 11: Smaltovaná nádoba stárí 3 měsíců

7.1.3. Nerezová nádoba značky Zepter

Experiment je proveden za pokojové teploty, se solným roztokem. Doba působení je v rozmezí 30. hodin. Po SEM analýze se určí obsah prvků na povrchu kovu.



Obrázek 12: Nádoba z koroziivzdorné oceli



Obrázek 13: Nádoba z koroziivzdorné oceli

Nerezová nádoba je značky Zepter STAINLESS STEEL 18/10 Pn.-Nr.231150.

7.1.4. Aplikace vzorku v biologickém prostředí

Biologický roztok byl tvořen z 9 g kuchyňské soli NaCl na 1 l vody z vodovodního řádu. Roztok byl pak rozdělen do určených nádob. Nádoby byly rozřezány na požadovanou velikost. Analýza SEM byla provedena po 30 hodinách v roztoku.

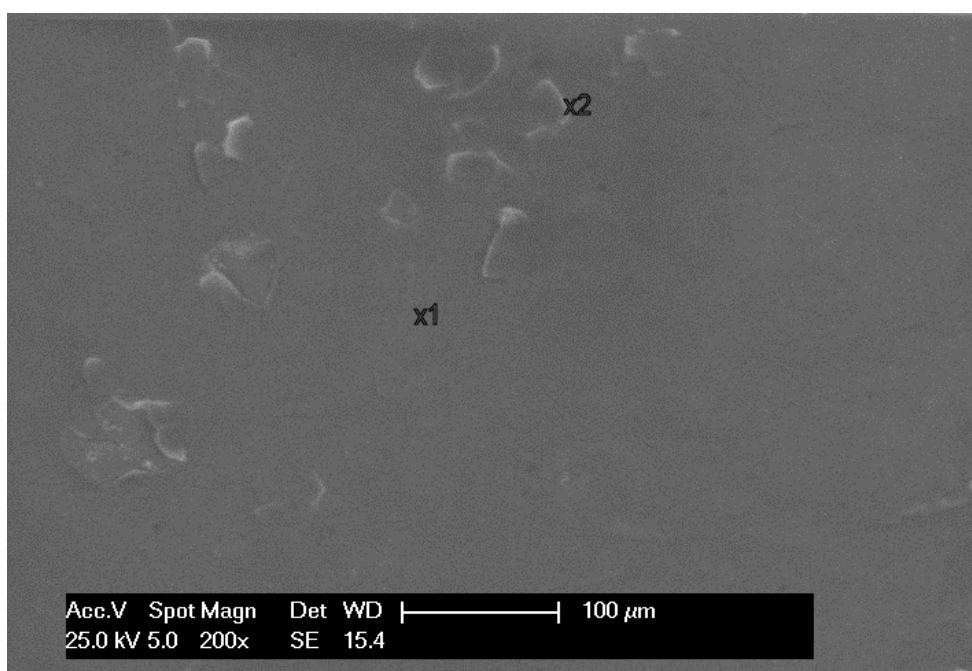
8. Vyhodnocení experimentálních prací

8.1. Mikroskopická analýza povrchu vzorku SEM

Snímky povrchů vzorků byly provedeny na řádkovacím elektronovém mikroskopu (SEM). Fotografie byly pořízeny na přístroji elektronového mikroanalyzátoru typu EDAX, COU LEAP DETECTOR VŠB-TU Ostrava.

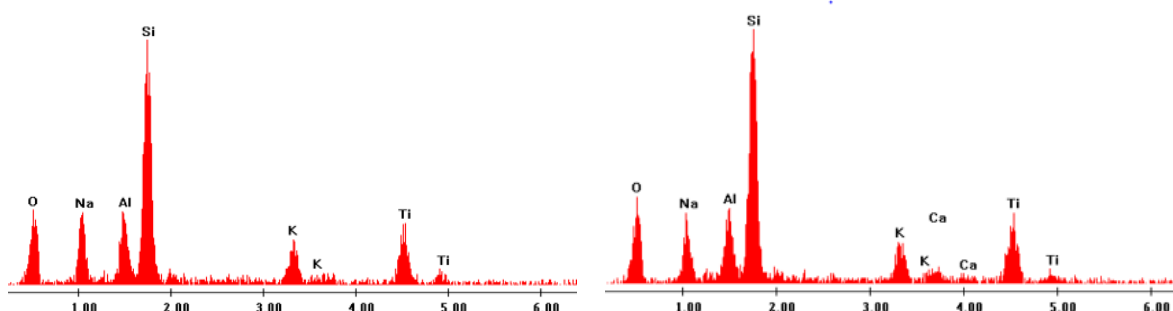
8.1.1. Smaltovaná nádoba stáří 45let

Na prvním detailním snímku smaltu stáří 45 let jsou zaznamenány body, ve kterých byly měřeny hodnoty před aplikací vzorků do biologického roztoku.



Obrázek 14: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 200x

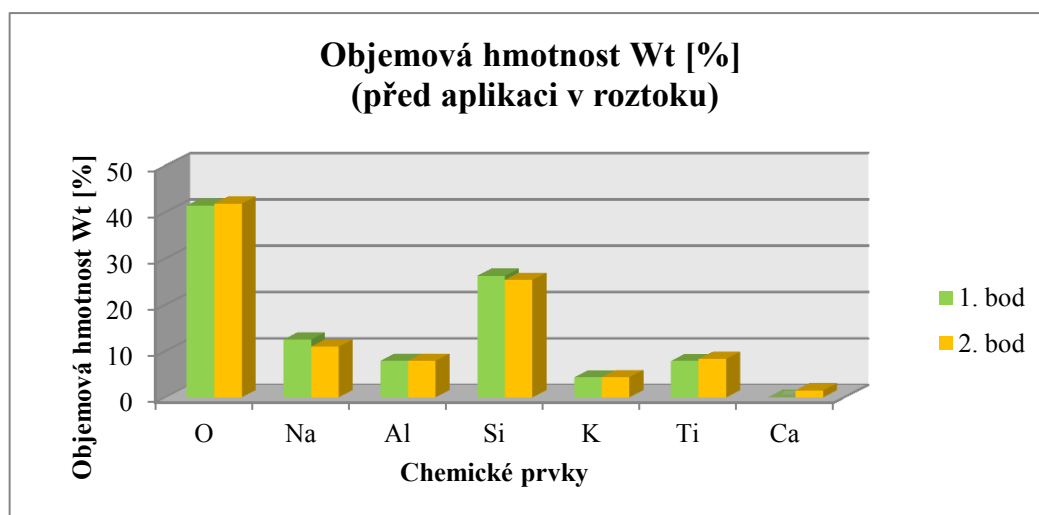
Na obrázku vidíme chemickou analýzu povrchu před aplikací roztoku v jednotlivých bodech. Výsledná tabulka popisuje objemovou hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou.



Obrázek 15: chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Tabulka 2: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let před aplikací v roztoku (objemová hmotnost)

| Chemické prvky | O | Na | Al | Si | K | Ti | Ca |
|----------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| Wt [%] | | | | | | | |
| 1. bod | 41,36 | 12,45 | 7,86 | 26,21 | 4,28 | 7,84 | 0,00 |
| 2. bod | 41,79 | 10,91 | 7,86 | 25,33 | 4,32 | 8,29 | 1,50 |



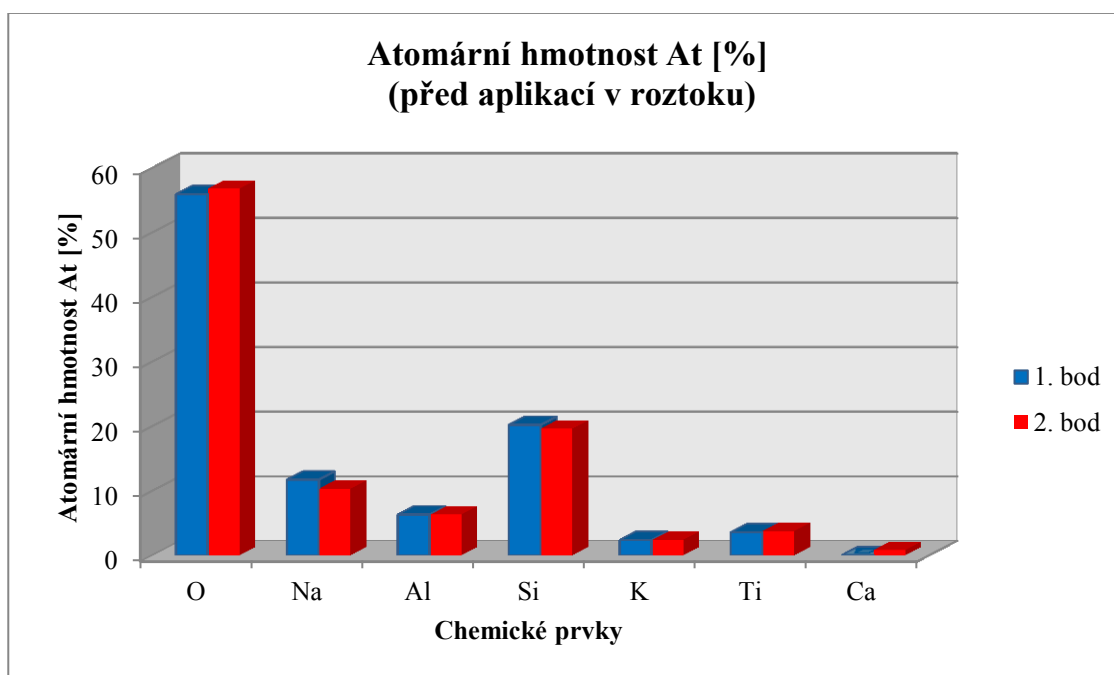
Graf 1: Objemová hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let před aplikací v roztoku

V grafu vidíme dva body, ve kterých byly naměřeny hodnoty množství jednotlivých prvků. V bodě č. 2. vykazují vyšší hodnoty chemické prvky jako je kyslík, titan a vápník. Zatím co v bodě č. 1. byly naměřeny větší hodnoty sodíku a křemíku. Ostatní prvky jako hliník a draslík mají hodnoty v obou bodech podobné.

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou.

Tabulka 3: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let před aplikací v roztoku (atomární hmotnost)

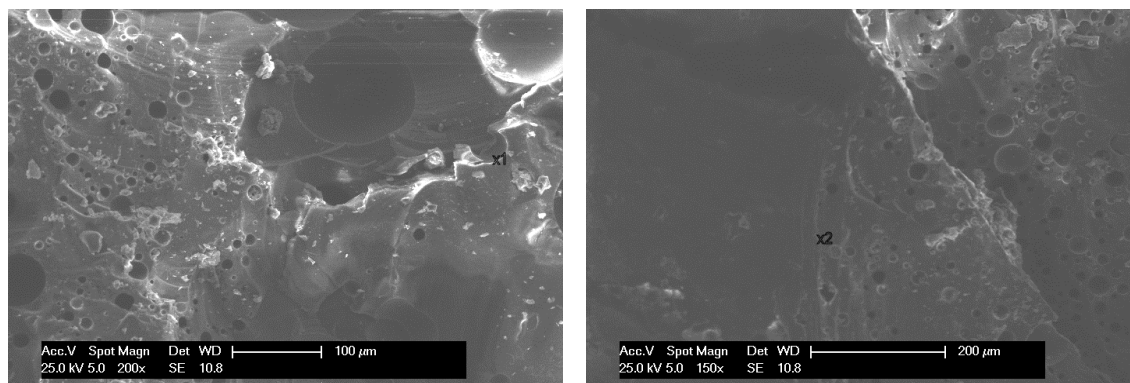
| Chemické prvky | O | Na | Al | Si | K | Ti | Ca |
|----------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| At [%] | | | | | | | |
| 1. bod | 55,90 | 11,71 | 6,30 | 20,18 | 2,36 | 3,54 | 0,00 |
| 2. bod | 56,78 | 10,31 | 6,33 | 19,61 | 2,40 | 3,76 | 0,81 |



Graf 2: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let před aplikací v roztoku

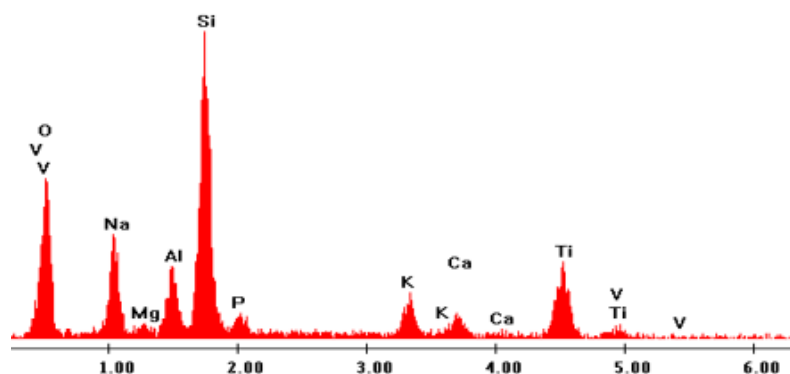
Graf atomární hmotnosti At % vykazuje v bodě 1. menší množství kyslíku a více křemíku a sodíku než v bodě 2. Další prvky mají nepatrné odchylky.

Na druhých detailních snímcích smaltů stáří 45 let jsou zaznamenány body, ve kterých byly měřeny hodnoty po aplikaci vzorků do biologického roztoku.



Obrázek 16: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 200x a 150x

Na obrázku vidíme graficky zpracované hodnoty vyloučených prvků na povrchu po aplikaci roztoku v jednom bodu.

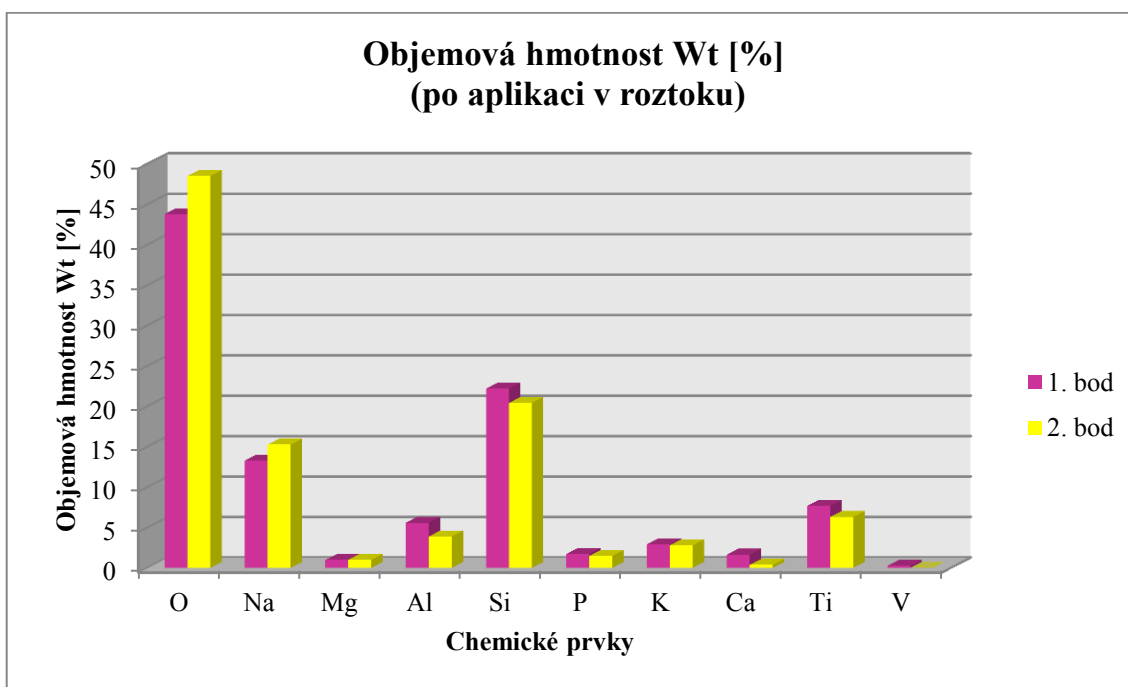


Obrázek 17: chemická analýza povrchu (bod 1)

Tabulka popisuje objemovou hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou po aplikaci v roztoku.

Tabulka 4: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku (objemová hmotnost)

| Chemické prvky | O | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Wt [%] | | | | | | | | | | |
| 1. bod | 43,78 | 13,28 | 0,97 | 5,57 | 22,19 | 1,72 | 2,91 | 1,65 | 7,68 | 0,25 |
| 2. bod | 48,50 | 15,26 | 0,99 | 3,88 | 20,42 | 1,48 | 2,79 | 0,38 | 6,3 | 0,00 |



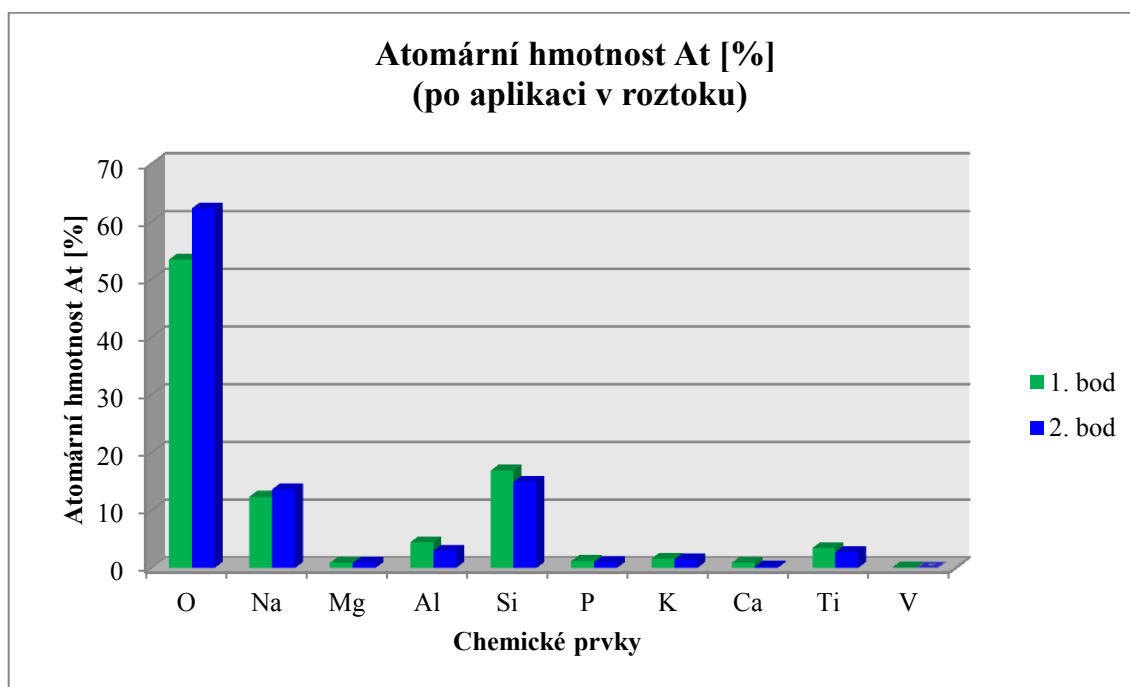
Graf 3: Objemová hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku

Na grafu vidíme rozdíl mezi naměřenými body ve vyloučeném množství prvků. První bod má méně vyloučeného kyslíku, sodíku a více vyloučeného hliníku, křemíku, vápníku a titanu. V druhém bodě se vyloučilo více kyslíku a sodíku. Naopak nám tento bod vykazoval nižší hodnoty hliníku, vápníku, titanu. Ostatní prvky mají nepatrné rozdíly.

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou po aplikaci v roztoku.

Tabulka 5: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

| Chemické prvky | O | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| At [%] | | | | | | | | | | |
| 1. bod | 53,38 | 12,32 | 0,85 | 4,41 | 16,86 | 1,18 | 1,59 | 0,88 | 3,42 | 0,10 |
| 2. bod | 62,29 | 13,63 | 0,84 | 2,95 | 14,94 | 0,98 | 1,47 | 0,19 | 2,70 | 0,00 |

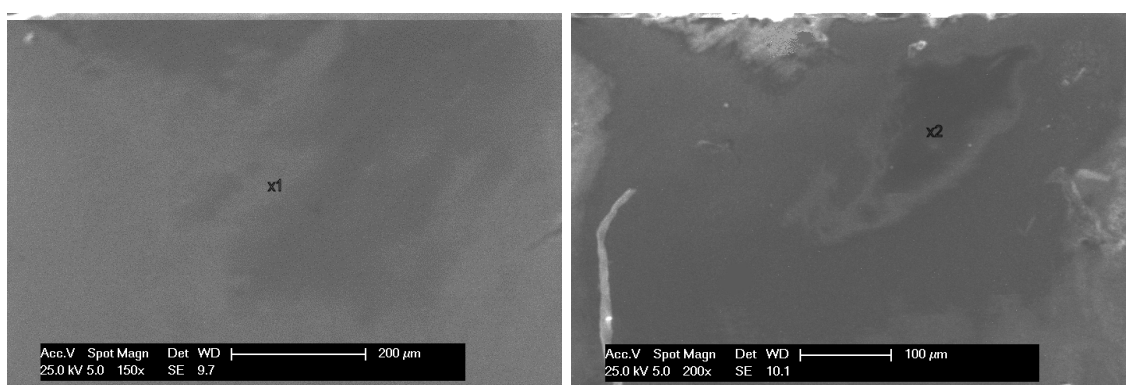


Graf 4: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku

Graf atomární hmotnosti At % vykazuje v bodě 1. menší množství kyslíku, sodíku a vyšší množství křemíku, hliníku a titanu. V bodě č. 2 je větší množství kyslíku a sodíku. Zbylé prvky hořčík, fosfor, draslík, vápník a vanad mají hodnoty téměř stejné.

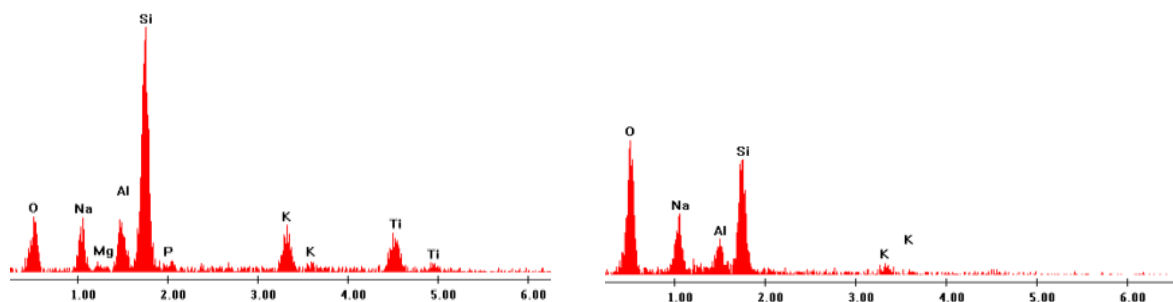
8.1.2. Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců

Na třetích detailních snímcích smaltu stáří 3 měsíců jsou zaznamenány body, ve kterých byly měřeny hodnoty před aplikací vzorků do biologického roztoku.



Obrázek 17: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 150x a 200x

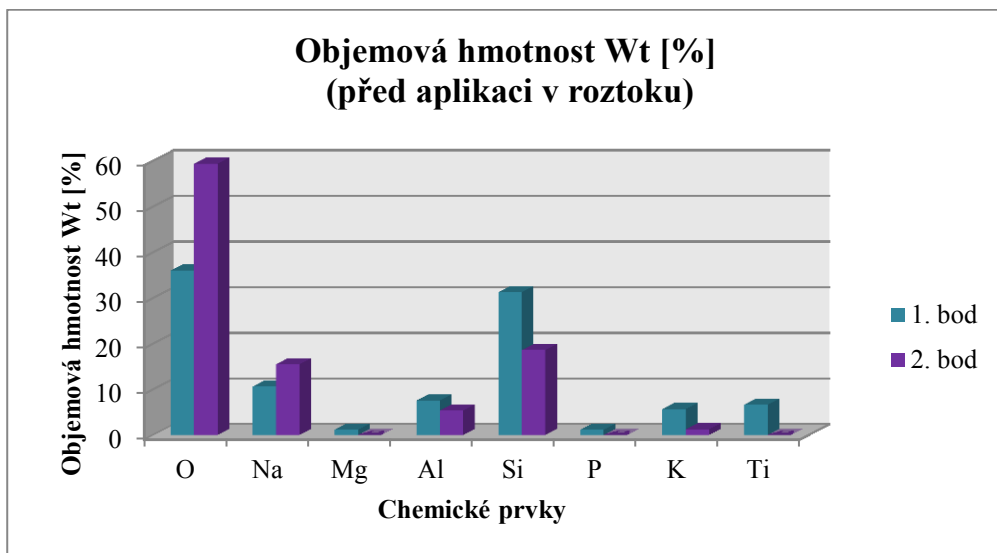
Na obrázku je patrné grafické zpracování chemických prvků před aplikaci roztoku v měřených bodech. Tabulka popisuje objemovou hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou před aplikaci roztoku.



Obrázek 18: chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Tabulka 6: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců před aplikací v roztoku (objemová hmotnost)

| Chemické prvky | O | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ti |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| Wt [%] | | | | | | | | |
| 1. bod | 36,00 | 10,59 | 1,16 | 7,55 | 31,26 | 1,15 | 5,66 | 6,63 |
| 2. bod | 59,37 | 15,47 | 0,00 | 5,35 | 18,57 | 0,00 | 1,24 | 0,00 |



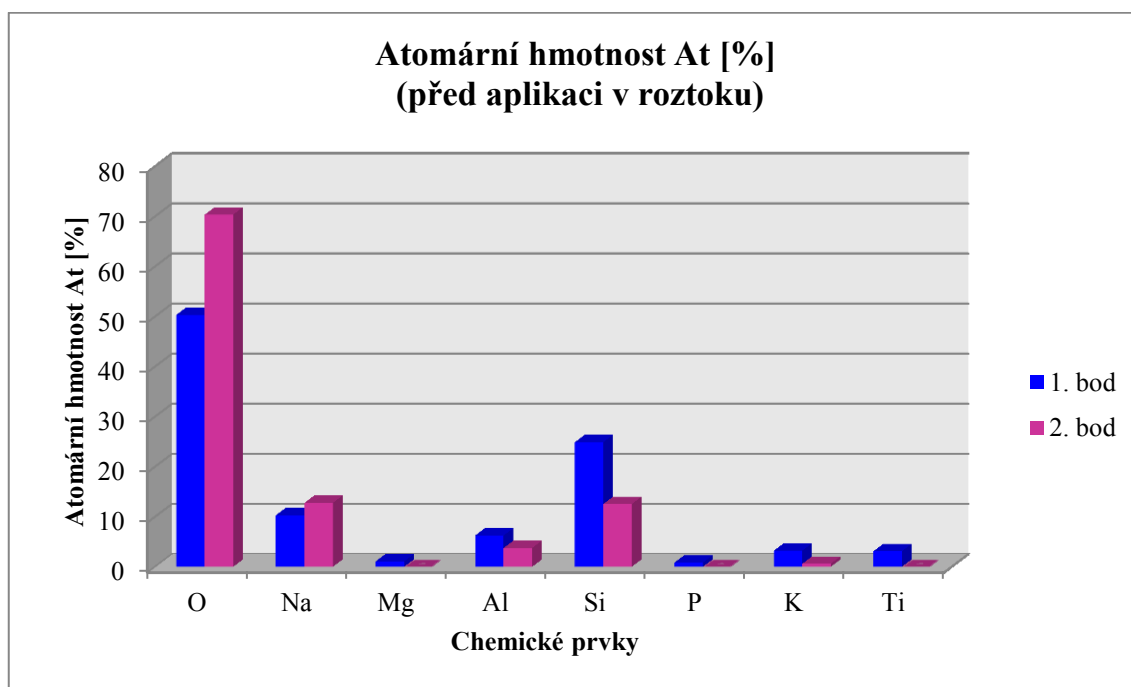
Graf 5: Objemová hmotnost smaltované nádoby stárí 3 měsíce před aplikaci v roztoku

Graf nového smaltu před aplikací nám vykazuje v bodě č. 1. menší množství kyslíku a sodíku. Naopak větší množství hořčíku, křemíku, hliníku, fosforu, draslíku, titanu. V bodě č. 2. byly naměřeny nižší hodnoty: hořčíku, fosforu, draslíku a titanu. A vyšší hodnoty kyslíku a sodíku.

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou před aplikaci v roztoku.

Tabulka 7: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stárí 3 měsíců před aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

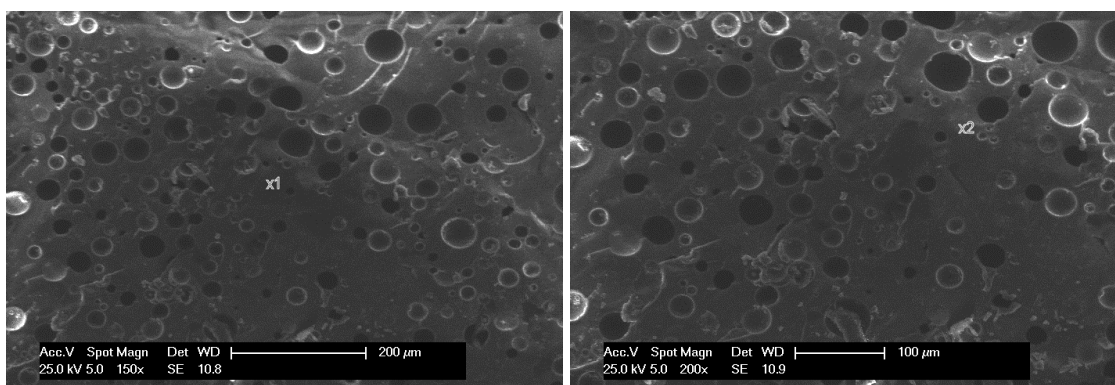
| Chemické prvky | O | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ti |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| At [%] | | | | | | | | |
| 1. bod | 50,32 | 10,30 | 1,07 | 6,26 | 24,89 | 0,83 | 3,23 | 3,10 |
| 2. bod | 70,35 | 12,76 | 0,00 | 3,76 | 12,53 | 0,00 | 0,60 | 0,00 |



Graf 6: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 3 měsíce před aplikaci v roztoku

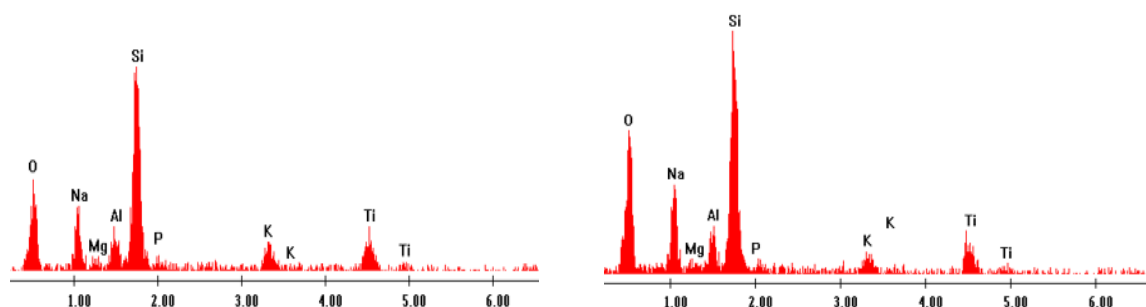
Naměřené hodnoty kyslíku a sodíku jsou menší bodě č. 1. V tomto bodě je větší obsah hliníku, křemíku, fosforu, draslíku a titanu. V druhém bodě je méně hořčíku, fosforu, draslíku a titanu. Naopak více kyslíku a sodíku.

Na čtvrtých detailních snímcích smaltu stáří 3 měsíců jsou zaznamenány body, ve kterých byly měřeny hodnoty po aplikaci vzorků do biologického roztoku.



Obrázek 19: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 150x a 200x

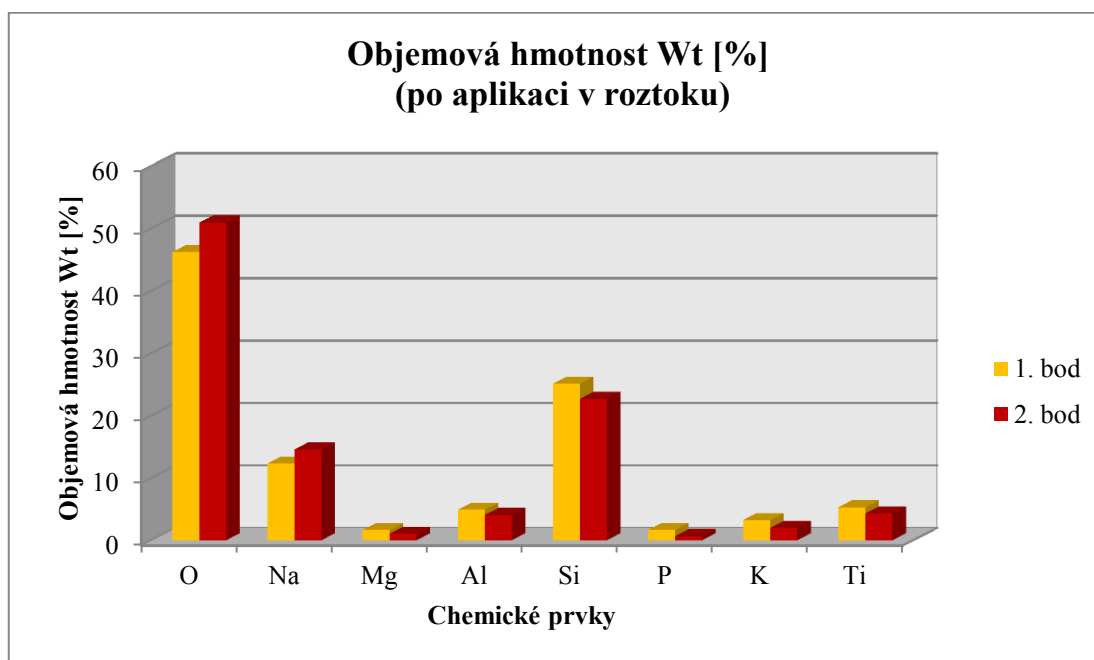
Na grafu vidíme hodnoty vyloučených prvků po aplikaci roztoku v jednotlivých bodech. Výsledná tabulka popisuje objemovou hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou po aplikaci v roztoku.



Obrázek 20: chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Tabulka 8: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

| Chemické prvky | O | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ti |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| Wt [%] | | | | | | | | |
| 1. bod | 46,14 | 12,27 | 1,61 | 4,84 | 25,05 | 1,62 | 3,21 | 5,26 |
| 2. bod | 50,89 | 14,53 | 1,03 | 4,03 | 22,65 | 0,62 | 1,97 | 4,29 |



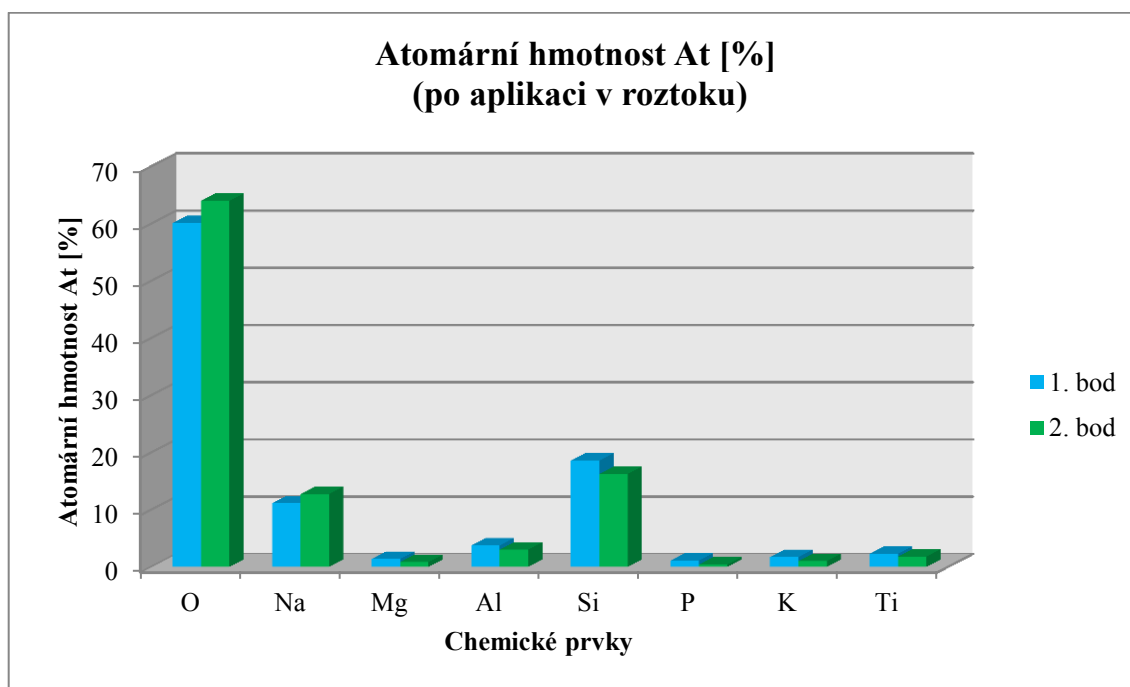
Graf 7: Objemová hmotnost smaltované nádoby stárí 3 měsíce po aplikaci v roztoku

Hodnoty grafu v bodě 1. vykazují menší množství kyslíku, sodíku a větší obsah hořčíku, hliníku, křemíku, fosforu, draslíku a titanu. V bodě č. 2. máme méně titanu, draslíku, fosforu, hliníku a hořčíku. Naopak více uvolněného kyslíku a sodíku.

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou po aplikaci v roztoku.

Tabulka 9: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stárí 3 měsíců po aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

| Chemické prvky | O | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ti |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| At [%] | | | | | | | | |
| 1. bod | 60,09 | 11,12 | 1,38 | 3,74 | 18,58 | 1,09 | 1,71 | 2,29 |
| 2. bod | 63,99 | 12,72 | 0,85 | 3,01 | 16,23 | 0,40 | 1,01 | 1,80 |

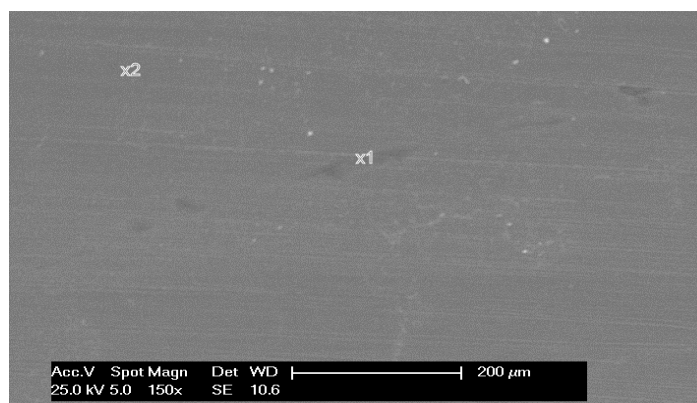


Graf 8: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 3 měsíce po aplikaci v roztoku

V prvním bodě je více vyloučeného hořčíku, hliníku, křemíku, fosforu, draslíku a titanu. Naopak méně je kyslíku a sodíku. V druhém bodě je více vyloučeného kyslíku a sodíku a méně vyloučené prvky jsou hořčík, hliník, křemík, fosfor, draslík, titan.

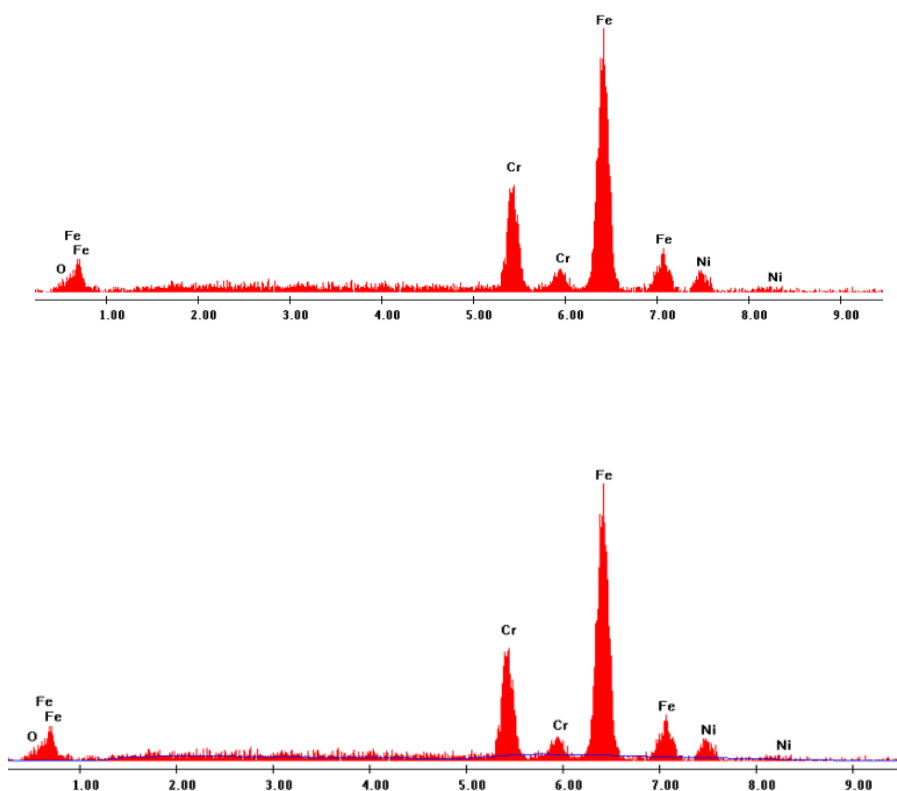
8.1.3. Nerezová nádoba značky Zepter

Na tomto detailu fotografie korozivzdorné oceli nádoby značky Zepter, jsou zaznamenány body, ve kterých byly měřeny hodnoty před aplikací vzorků do biologického roztoku.



Obrázek 21: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 150x

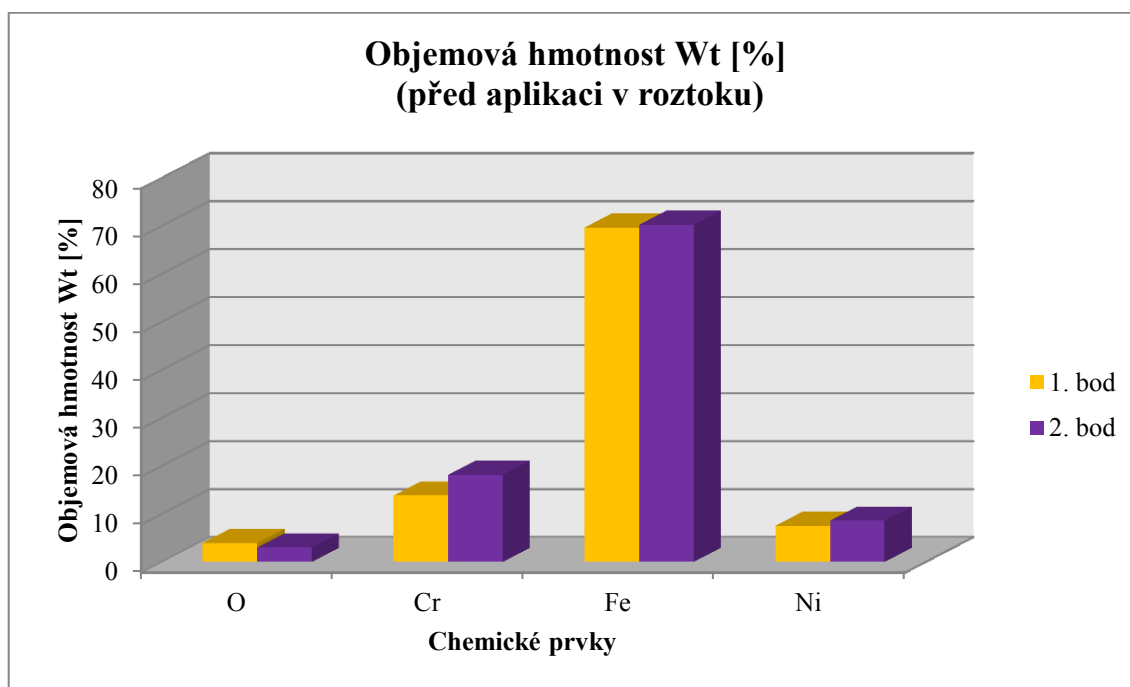
Na grafu vidíme hodnoty prvků před aplikaci roztoku v jednotlivých bodech. Výsledná tabulka popisuje objemové množství prvků na povrchu v prvním a druhém bodu.



Obrázek 22: chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Tabulka 10: chemická analýza povrchu nerezové nádoby před aplikaci v roztoku (objemová hmotnost)

| Chemické prvky | O | Cr | Fe | Ni |
|----------------|------|-------|-------|------|
| Wt [%] | | | | |
| 1. bod | 3,97 | 13,84 | 69,65 | 7,55 |
| 2. bod | 3,01 | 18,16 | 70,23 | 8,60 |



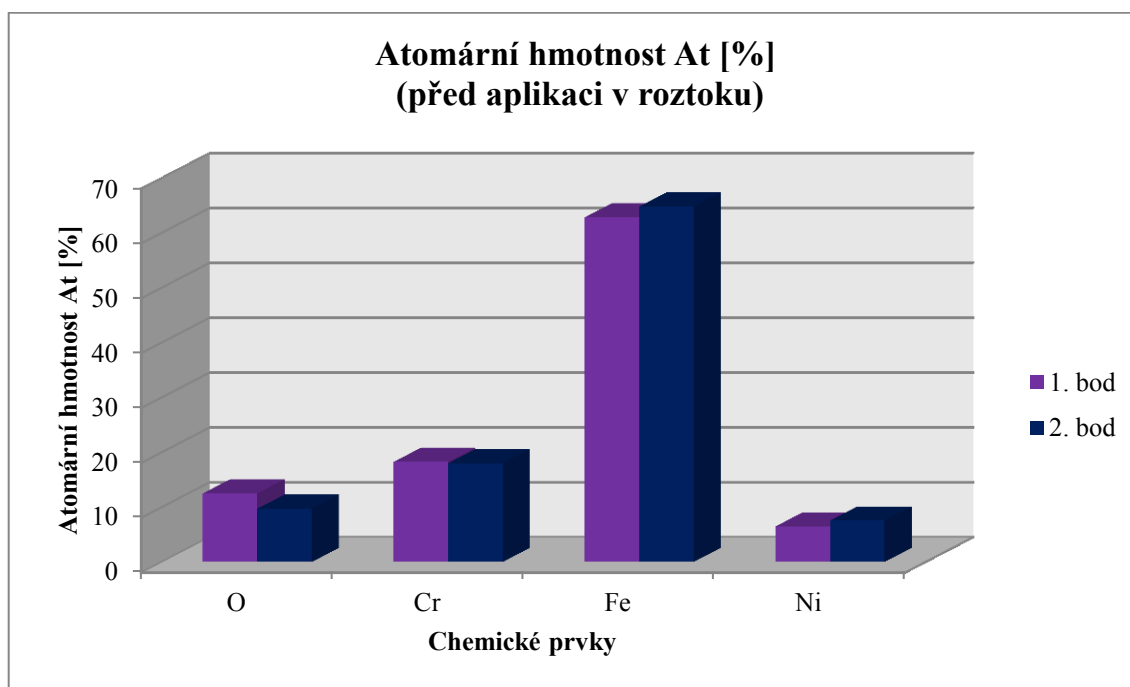
Graf 9: Objemová hmotnost nerezové nádoby před aplikaci v roztoku

Graf ukazuje největší výskyt železa a chromu. Méně pak niklu a kyslíku. V prvním bodě je vyšší objemová hmotnost kyslíku a menší chromu, železa a niklu. V druhém bodě je méně kyslíku a více chromu, železa a niklu.

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou před aplikaci v roztoku.

Tabulka 11: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

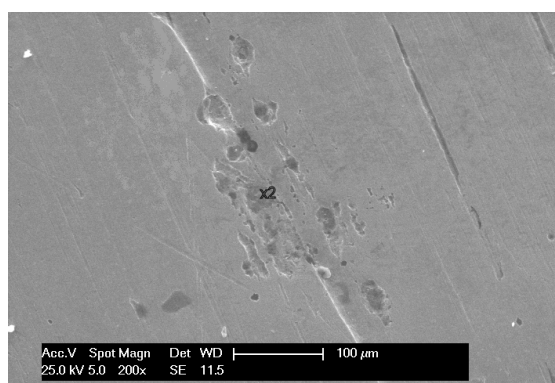
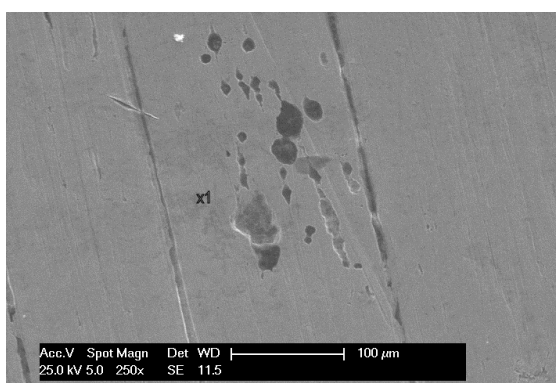
| Chemické prvky | O | Cr | Fe | Ni |
|----------------|-------|-------|-------|------|
| At [%] | | | | |
| 1. bod | 12,48 | 18,24 | 62,80 | 6,47 |
| 2. bod | 9,70 | 17,99 | 64,77 | 7,54 |



Graf 10: Atomární hmotnost nerezové nádoby před aplikaci v roztoku

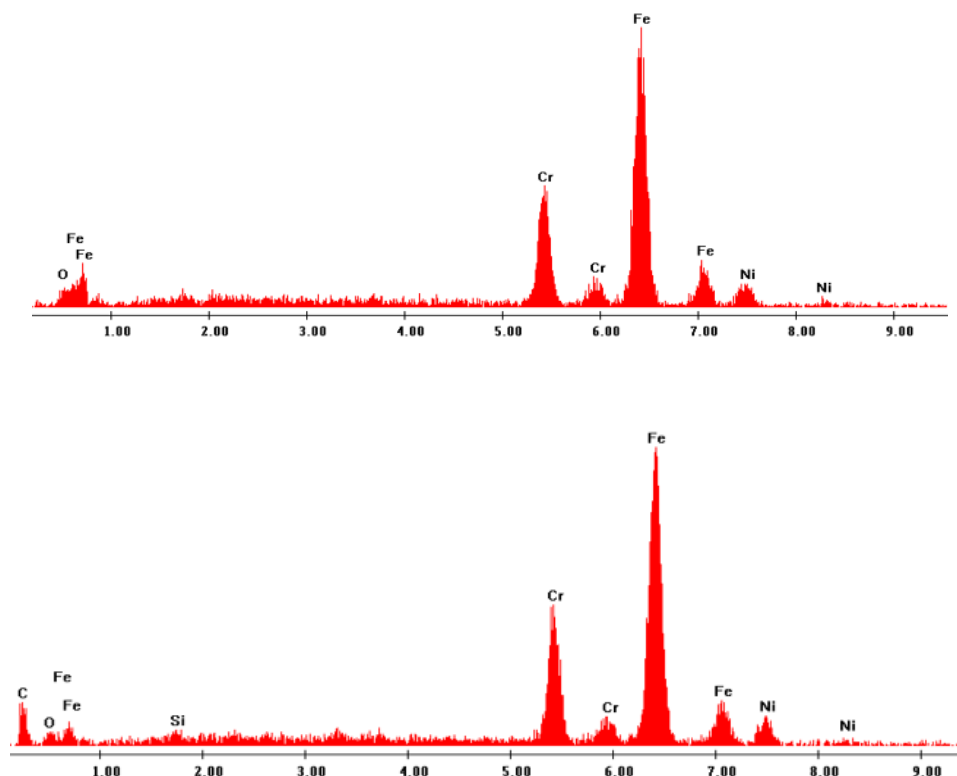
Prvek chromu v tomto grafu je v obou bodech téměř stejný. V prvním bodě je vyšší množství kyslíku a méně železa a niklu. V druhém bodě je více železa, niklu a méně kyslíku.

Na těchto detailech fotografií korozivzdorné oceli nádoby značky Zepter jsou zaznamenány body, ve kterých byly měřeny hodnoty po aplikaci vzorků do biologického roztoku.



Obrázek 23: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 250x a 200x

Na obrázku vidíme hodnoty chemické analýzy prvků po aplikaci roztoku v jednotlivých bodech. Tabulka popisuje objemové množství vyloučených prvků na povrchu v prvním a druhém bodu.

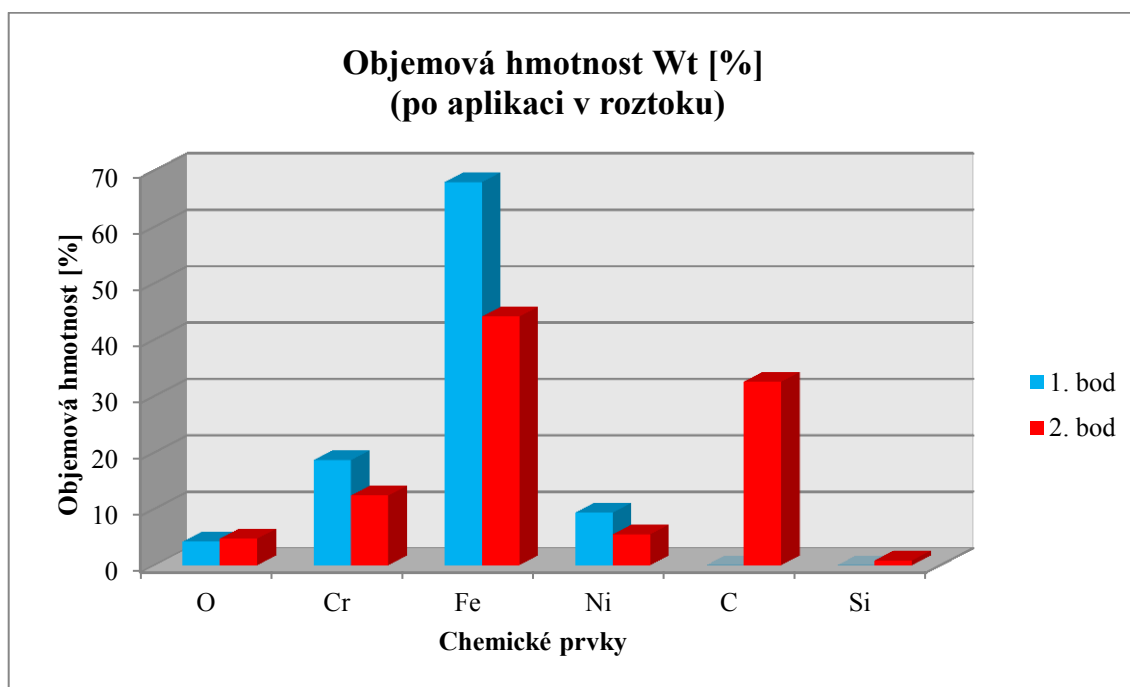


Obrázek 23: chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou po aplikaci v roztoku.

Tabulka 12: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

| Chemické prvky | O | Cr | Fe | Ni | C | Si |
|----------------|------|-------|-------|------|-------|------|
| Wt [%] | | | | | | |
| 1. bod | 4,15 | 18,62 | 67,90 | 9,33 | 0,00 | 0,00 |
| 2. bod | 4,72 | 12,35 | 44,07 | 5,48 | 32,53 | 0,85 |



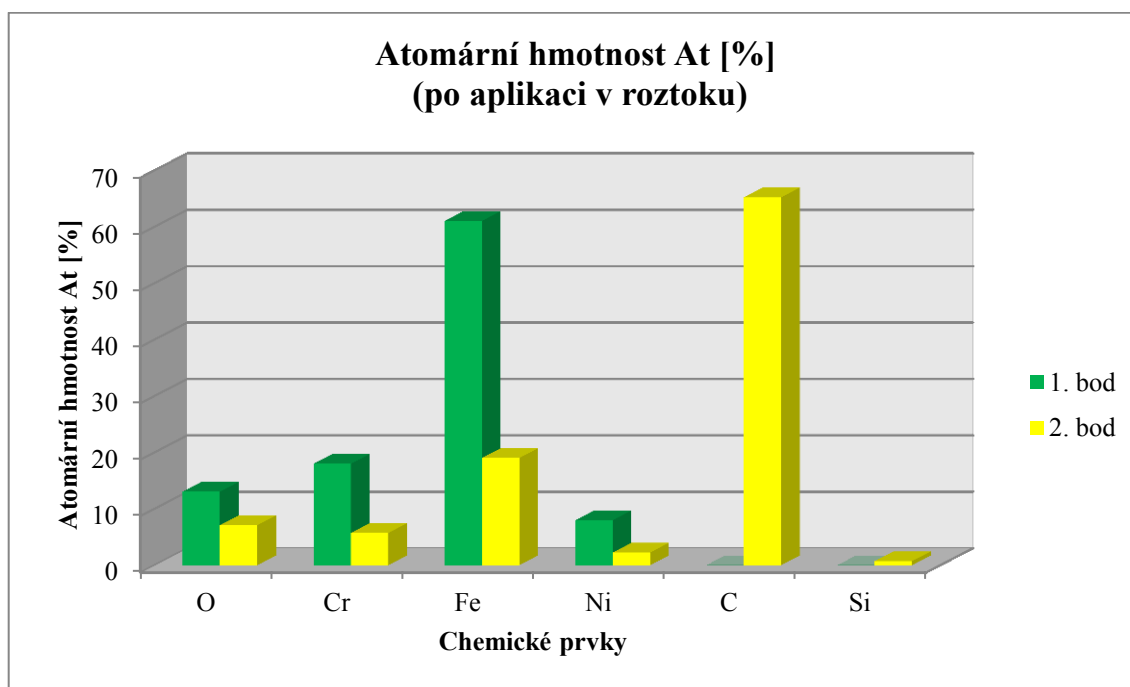
Graf 11: Objemová hmotnost nerezové nádoby po aplikaci v roztoku

V tomto grafu je výraznější zastoupení železa a chromu. Dále výrazné množství uhlíku vyloučené v druhém bodě. V prvním bodě je více železa, chromu, niklu a méně kyslíku, uhlíku a křemíku. V druhém měřeném bodě je méně železa, niklu a chromu. Naopak více je kyslíku a uhlíku.

Tabulka popisuje atomární hmotnost prvků na povrchu v prvním a druhém bodu zjištěné SEM analýzou po aplikaci v roztoku.

Tabulka 13: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci v roztoku (atomární hmotnost)

| Chemické prvky | O | Cr | Fe | Ni | C | Si |
|----------------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| At [%] | | | | | | |
| 1. bod | 13,03 | 17,98 | 61,02 | 7,97 | 0,00 | 0,00 |
| 2. bod | 7,10 | 5,72 | 19,00 | 2,25 | 65,21 | 0,72 |



Graf 12: Atomární hmotnost nerezové nádoby po aplikaci v roztoku

U tohoto grafu je v prvním bodě vyšší atomární hmotnost kyslíku, chromu, železa, niklu a nižší uhlíku a křemíku. V druhém bodě je výrazně více uhlíku. Menší množství je kyslíku, chromu, železa a niklu.

9. Závěr

Bakalářská práce se zabývá studiem korozivzdorných ocelí a sklokeramických smaltových povlaků pro kontakt s pitnou vodou. Práce byla provedena za účelem prokázat vhodnost těchto povlaků a materiálů v biologickém prostředí. Zároveň se zabývá tím, jestli by tyto zkoumané materiály mohly mít vliv na lidský organismus. Práce byla rozdělena na teoretickou část, ve které se popsalo provedení experimentu. V druhé části byl proveden samotný experiment se záznamem o výsledcích, naměřených hodnotách uvedené práce.

V teoretické části byly popsány smaltové povlaky, jejich vlastnosti, složení a technologie zhotovení sklokeramických povlaků. Mým úkolem bylo popsat a prostudovat v jakém prostředí a kde všude se tyto povlaky díky svým vlastnostem používají. Dále jsem prostudoval korozní i chemickou odolnost sklokeramických povlaků. Druhým materiálem jsou korozivzdorné oceli, kde jsem prostudoval chemické složení a vlastnosti korozivzdorných ocelí a při jakých procesech se z obyčejné uhlíkové oceli stává korozivzdorná ocel. Dále jsem rozepsal rozdělení těchto ocelí a využití v různých odvětvích.

V experimentální části jsme se metodou SEM (skenovací elektronovou mikroskopií) zabývali množstvím chemických prvků na povrchu nádob před a po aplikaci v biologickém roztoku. Dvě nádoby se smaltovým povlakem jsou ze společnosti Norma Frýdlant nad Ostravicí. Nádoby se smaltovým povlakem byly rozděleny podle stáří. Jedna nádoba byla stáří 45 let a druhá stáří 3 měsíců. Nerezová nádoba byla použita značky Zepter. Biologický roztok se skládal z 9 gramů kuchyňské soli na 1 litr vody. Nádoby s obsahem byly podrobeny experimentu v délce konání 30 hodin za pokojové teploty 19-22°C. Po uplynutí expozice se nádoby rozřezaly na zkušební vzorky. Poté se provedla zkouška metodou SEM (skenovací elektronovou mikroskopií) v laboratoři VŠB-TU Ostrava. Výsledky analýzy nám ukázaly obsah prvků na povrchu jak v objemové hmotnosti Wt [%], tak v atomární hmotnosti At [%].

Analýza prokázala, že nádoby se smaltovým povlakem nevykazují žádné vylučování chromu ani niklu, ani jiné vyloučené prvky na povrchu. Rozdělení smaltů do dvou skupin na 45 letý a 3 měsíční smalt nám neukázal rozdíl mezi těmito smalty. Hodnoty jsou téměř stejné a bez větších rozdílů.

Naproti tomu uvedená nádoba z koroziivzdorné oceli nám vykazovala vyšší množství vyloučených prvků. V některých případech se množství vyloučených prvků mezi určenými body výrazně lišilo. V některých bodech nám chromu klesal pod hodnotu zajištění korozní odolnosti. Určité body nám vykazovaly velké množství uvolněného chromu a niklu do roztoku. To je známkou toho, že tato nádoba je povrchově velice nestálá. Na základě poklesu korozní odolnosti v některých bodech se prokázalo uvolňování velkého množství nežádoucích prvků jako je chrom a nikl do roztoku.

V dnešní době je kladen velký důraz na zdraví lidí. A měli bychom začít úplně od začátku. Skladování potravin a jídel v koroziivzdorných nádobách a příprava jídel v těchto nádobách mohou vylučováním prvků, jako jsou chrom a nikl do potravin negativně ovlivnit naše zdraví. Výsledky testů nádoby z koroziivzdorné oceli je alarmující. Důkazem jsou výsledky experimentálních zkoušek, které prokázaly, že chrom a nikl se dostává do lidského organismu. I smaltový povlak stáří 45 let nám prokázal, že celistvost po takových letech je neměnná. A vyloučené prvky jsou zanedbatelné, ale také zdraví nezávadné. Na základě výsledků experimentálních prací jsme dokázali, že smaltované povlaky nevykázaly vylučování chromu a niklu oproti koroziivzdorné oceli.

Tato experimentální práce je velice zajímavá. Už jen zjištění jaké rozdíly mezi těmito smaltovými povlaky a koroziivzdornou ocelí jsou. Protože mi není lhostejné mé zdraví a zdraví mé rodiny, chci se do budoucna tímto experimentem zabývat nadále.

10. Seznam použité literatury

- [1] PODJUKLOVÁ, J. a kolektiv: *Nové obzory v poznání vlastností sklovitých smaltových povlaků*, VŠB-TU Ostrava, 2010, 135 s., ISBN 978-80-248-2339-3.
- [2] MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*, 1987. 251 s.
- [3] BOUŠE, V. a kolektiv: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*, SNTL, Praha, 1986, 216 s.
- [4] *Wikipedie* [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Smalty. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Smalt>>.
- [5] *Nova-Trading.com* [online]. 2014 [cit. 2014-04-10]. Využití korozivzdorné oceli. Dostupné z WWW: <<http://www.nova-trading.com/cs/page/zastosowanie-stali-nierdzewnej>>.
- [6] MOHYLA, M.: *Strojírenské materiály 1*, Ostrava 2006. 146 s., ISBN 80-248-0270-8
- [7] FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Konstrukční oceli*. Brno: CERM, 1996, 261 s. ISBN 80-858-6795-8.
- [8] *Astral Pool.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-03-17]. Aby nerez nekorodovala. Dostupné z WWW: <<http://www.astralpool.cz>>.
- [9] *Wikipedie* [online]. 2014 [cit. 2014-05-11]. Korozivzdorná ocel. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nerezav%C4%9Bj%C3%ADc%C3%AD_ocel>.

11. Seznam příloh

Příloha A - Seznam obrázků

Obrázek 1: Vypalovací pásma

Obrázek 2: Korozi-vzdorná ocel

Obrázek 3: Výrobky z korozi-vzdorné oceli

Obrázek 4: Feritická ocel

Obrázek 5: Duplexní ocel

Obrázek 6: Martenzitická ocel

Obrázek 7: Austenitická ocel

Obrázek 8: Smaltovaná nádoba stáří 45 let

Obrázek 9: Smaltovaná nádoba stáří 45 let

Obrázek 10: Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců

Obrázek 11: Smaltovaná nádoba stáří 3 měsíců

Obrázek 12: Nádoba z korozi-vzdorné oceli

Obrázek 13: Nádoba z korozi-vzdorné oceli

Obrázek 14: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 200x

Obrázek 15: Chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Obrázek 16: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 200x a 150x

Obrázek 17: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 150x a 200x

Obrázek 18: Chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Obrázek 19: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 150x a 200x

Obrázek 20: chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Obrázek 21: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 150x

Obrázek 22: Chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Obrázek 23: Detail vzorku a fotografie místa chemického rozboru, zvětšeno 250x a 200x

Obrázek 24: Chemická analýza povrchu (bod 1 a 2)

Příloha B - Seznam grafů:

Graf 1: Objemová hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let před aplikaci v roztoku

Graf 2: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let před aplikaci v roztoku

Graf 3: Objemová hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku

Graf 4: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku

Graf 5: Objemová hmotnost smaltované nádoby stáří 3 měsíce před aplikaci v roztoku

Graf 6: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 3 měsíce před aplikaci v roztoku

Graf 7: Objemová hmotnost smaltované nádoby stáří 3 měsíce po aplikaci v roztoku

Graf 8: Atomární hmotnost smaltované nádoby stáří 3 měsíce po aplikaci v roztoku

Graf 9: Objemová hmotnost nerezové nádoby před aplikaci v roztoku

Graf 10: Atomární hmotnost nerezové nádoby před aplikaci v roztoku

Graf 11: Objemová hmotnost nerezové nádoby po aplikaci v roztoku

Graf 12: Atomární hmotnost nerezové nádoby po aplikaci v roztoku

Příloha C - Seznam tabulek

Tabulka 1: Nejpoužívanější korozivzdorná ocel

Tabulka 2: Chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let před aplikací
v roztoku (objemová hmotnost)

Tabulka 3: Chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let před aplikací
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 4: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci v roztoku
(objemová hmotnost)

Tabulka 5: Chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 45 let po aplikaci
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 6: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců před aplikací
v roztoku (objemová hmotnost)

Tabulka 7: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců před aplikací
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 8: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 9: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 10: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 11: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci
v roztoku (atomární hmotnost)

Tabulka 12: chemická analýza povrchu smaltované nádoby stáří 3 měsíců po aplikaci
v roztoku (atomární hmotnost)